

544139

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 8 月 19 日 (19.08.2004)

PCT

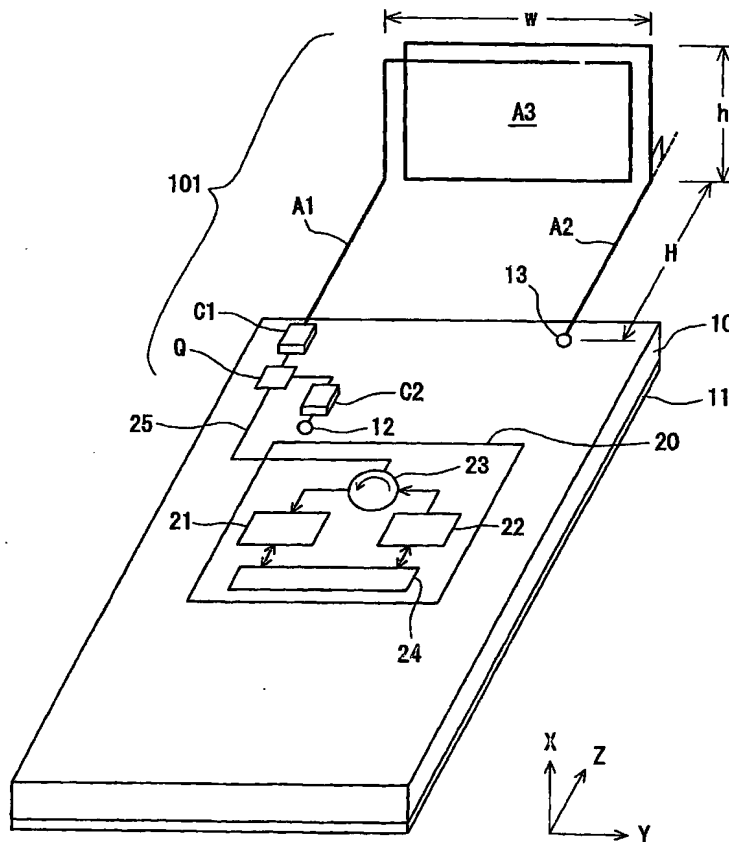
(10) 国際公開番号
WO 2004/070879 A1

- (51) 国際特許分類7: H01Q 21/24, 7/00, 1/24
特願2003-333227 2003 年 9 月 25 日 (25.09.2003) JP
特願 2003-357699
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/000890
2003 年 10 月 17 日 (17.10.2003) JP
特願2003-410023 2003 年 12 月 9 日 (09.12.2003) JP
(22) 国際出願日: 2004 年 1 月 30 日 (30.01.2004)
特願 2003-411463
(25) 国際出願の言語: 日本語
特願 2003-411464
(26) 国際公開の言語: 日本語
2003 年 12 月 10 日 (10.12.2003) JP
(30) 優先権データ:
特願2003-025604 2003 年 2 月 3 日 (03.02.2003) JP
特願2003-311503 2003 年 9 月 3 日 (03.09.2003) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS-
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大
字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: ANTENNA DEVICE AND WIRELESS COMMUNICATION DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: アンテナ装置とそれを用いた無線通信装置



(57) Abstract: An antenna device (100-116) is composed of a microloop antenna (A3) and at least one antenna element (A1, A2). The microloop antenna (A3) is disposed electromagnetically near a dielectric substrate (10) having a grounding conductor (11). The microloop antenna (A3) is formed by winding a wire a predetermined number N of turns. The wire has a predetermined small length. When a predetermined metallic plate (30) approaches the antenna device (100-116), the antenna device (100-116) serves as a magnetic current antenna. Meanwhile, when the predetermined metallic plate (30) moves away from the antenna device (100-116) serves as a current antenna. The antenna elements (A1, A2) are connected to the microloop antenna (A3) to serve as a current antenna. One end of the antenna device (100-116) is connected to a feeding point (Q), and the other is connected to the grounding conductor (11) of the dielectric substrate (10).

(57) 要約: アンテナ装置 (100-116) は、微小ループアンテナ (A3) と、少なくとも1つのアンテナ素子 (A1, A2) とを備えて構成される。微小ループアンテナ (A3) は、接地導体 (11) を有する誘電体基板 (10) に電磁的に近接して設けられ、所定の巻き回数Nで巻回されて所定の微小長さを有し、所定の金属板 (30) がアンテナ装置 (100-116) に近接したときに磁流アンテナとして動作する一方、金属

板 (30) がアンテナ装置 (100-116) から離隔したときに電流アンテナとして動作する。アンテナ素子 (A1, A2) は、微小ループアンテナ (A3) に接続され、電流アンテナとし

[続葉有]

WO 2004/070879 A1



(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 吉川 嘉茂 (YOSHIKAWA, Yoshishige) [/]. 堀池 良雄 (HORIIE, Yoshio) [/]. 横網代 義幸 (YOKOAJIRO, Yoshiyuki) [/]. 松本 孝之 (MATSUMOTO, Takayuki) [/].

(74) 代理人: 河宮 治, 外 (KAWAMIYA, Osamu et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見 1 丁目 3 番 7 号 I M P ビル 青山特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

アンテナ装置とそれを用いた無線通信装置

技術分野

5 本発明は、主として無線通信装置に用いられ、ループアンテナを含むアンテナ装置と、当該アンテナ装置を用いた無線通信装置に関する。

背景技術

従来、ループアンテナは、特に携帯電話機などの携帯無線通信装置において用いられ、その構成は、例えば、従来技術文献「電子情報通信学会編，“アンテナ光学ハンドブック”，pp. 59-63、オーム社，第1版，1980年10月
10 30日発行」において開示されている。ループアンテナの全長は、一般に約1波長で構成され、その電流分布から、半波長ダイポールアンテナを2個並置した構造に近似できて、ループ軸方向の指向特性アンテナとして動作する。

ここで、ループアンテナを小さくし、その全長を0.1波長以下にすると、ループ導線に流れる電流分布はほとんど一定値となる。この状態のループアンテナ
15 を特に微小ループアンテナと呼んでいる。この微小ループアンテナは、微小ダイポールアンテナよりも雑音電界に強く、またその実効高を簡単に計算できるために、磁界測定用のアンテナとして利用されている。

この微小ループアンテナは、1回巻きの小型アンテナとして、例えばページャなどの携帯無線通信装置において広く用いられている。ここで、微小ループアンテナの入力抵抗は一般にきわめて小さいので、多巻き構造とし、入力抵抗のステップアップを図った多巻き微小ループアンテナが考案されている。微小ループアンテナは磁流アンテナとして動作し、金属板や人体などが接近したときにも良好なアンテナ利得特性が得られることが知られている。

発明の開示

25 しかしながら、従来技術の微小ループアンテナでは、金属板や人体などの導体が無線装置やアンテナに接近した場合には良好なアンテナ利得特性を示すが、導体が離れている場合にはアンテナ利得が低下するという問題があった。

本発明の目的は以上の問題点を解決し、導体がアンテナ接近していても離れて

いても、従来技術の微小ループアンテナに比較して高いアンテナ利得を得ることができるアンテナ装置と、それを用いた無線通信装置を提供することにある。

第1の発明に係るアンテナ装置は、接地導体を有する誘電体基板と、

5 上記誘電体基板に電磁的に近接して設けられ、所定の巻き回数 N で巻回されて所定の微小長さを有し、所定の金属板がアンテナ装置に近接したときに磁流アンテナとして動作する一方、上記金属板がアンテナ装置から離隔したときに電流アンテナとして動作する微小ループアンテナと、

上記微小ループアンテナに接続され、電流アンテナとして動作する少なくとも1本のアンテナ素子とを備えたアンテナ装置であって、

10 上記アンテナ装置の一端は給電点に接続され、上記アンテナ装置の他端は上記誘電体基板の接地導体に接続されたことを特徴とする。

上記アンテナ装置において、上記少なくとも1本のアンテナ素子は、好ましくは、上記誘電体基板の面と実質的に平行となるように設けられたことを特徴とする。

15 また、上記アンテナ装置において、好ましくは、2本のアンテナ素子を備えたことを特徴とする。

さらに、上記アンテナ装置において、好ましくは、上記2本のアンテナ素子はそれぞれ実質的に直線形状であって、互いに平行となるように設けられたことを特徴とする。

20 上記アンテナ装置は、好ましくは、上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子の少なくとも一方に接続され、上記微小ループアンテナのインダクタンスと直列共振するための少なくとも1個の第1のキャパシタをさらに備えたことを特徴とする。

ここで、上記第1のキャパシタは、好ましくは、上記アンテナ素子の実質的な
25 中央点に挿入して接続したことを特徴とする。また、上記第1のキャパシタは、好ましくは、複数個のキャパシタ素子を直列に接続してなることを特徴とする。
とって代わって、上記第1のキャパシタは、好ましくは、複数個のキャパシタ素子を直列に接続してなる複数組の回路を互いに並列に接続したことを特徴とする。

また、上記アンテナ装置は、好ましくは、上記給電点に接続され、上記アンテナ装置の入力インピーダンスと、上記給電点に接続される給電ケーブルの特性インピーダンスとを整合させるインピーダンス整合回路をさらに備えたことを特徴とする。

- 5 さらに、上記アンテナ装置において、上記微小ループアンテナは、好ましくは、そのループ軸方向が上記誘電体基板の面と実質的に直交するように設けられたことを特徴とする。もしくは、上記微小ループアンテナは、好ましくは、そのループ軸方向が上記誘電体基板の面と実質的に平行となるように設けられたことを特徴とする。とって代わって、上記微小ループアンテナは、好ましくは、そのループ軸方向が上記誘電体基板の面に対して所定の傾斜角で傾斜されるように設けられたことを特徴とする。
- 10

- またさらに、上記アンテナ装置において、上記微小ループアンテナの巻き回数 N は、好ましくは、実質的に $N = (n - 1) + 0.5$ (ここで、 n は自然数である。) に設定されたことを特徴とする。ここで、上記微小ループアンテナの巻き回数 N は、より好ましくは、実質的に $N = 1.5$ に設定されたことを特徴とする。
- 15

また、上記アンテナ装置は、好ましくは、上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子に電磁的に近接して設けられた少なくとも 1 個の浮遊導体と、

- 上記浮遊導体を上記接地導体と接続し又は接続しないように選択的に切り換えることにより上記アンテナ装置の指向特性又は偏波面を変化させる第 1 のスイッチ手段とをさらに備えたことを特徴とする。
- 20

ここで、上記アンテナ装置は、好ましくは、互いに実質的に直交するように設けられた 2 個の浮遊導体を備え、

- 上記第 1 のスイッチ手段は、上記各浮遊導体を上記接地導体と接続し又は接続しないように選択的に切り換えることにより上記アンテナ装置の指向特性及び偏波面の少なくとも一方を変化させることを特徴とする。
- 25

さらに、上記アンテナ装置は、好ましくは、上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子の少なくとも一方に接続された第 1 のリアクタンス素子と、

上記第 1 のリアクタンス素子を短絡し又は短絡しないように選択的に切り換え

ることにより上記アンテナ装置の共振周波数を変化させる第2のスイッチ手段とをさらに備えたことを特徴とする。

ここで、上記第2のスイッチ手段は、好ましくは、そのオフ時に寄生容量を有する高周波半導体素子を含み、

- 5 上記寄生容量を実質的にキャンセルするための第1のインダクタをさらに備えたことを特徴とする。

また、上記アンテナ装置は、好ましくは、上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子の少なくとも一方に接続された一端を有する第2のリアクタンス素子と、

- 10 上記第2のリアクタンス素子の他端を接地し又は接地しないように選択的に切り換えることにより上記アンテナ装置の共振周波数を変化させる第3のスイッチ手段とをさらに備えたことを特徴とする。

ここで、好ましくは、上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子の少なくとも一方に接続された第3のリアクタンス素子をさらに備えたことを特徴とする。

- 15 さらに、上記アンテナ装置において、上記第3のスイッチ手段は、好ましくは、そのオフ時に寄生容量を有する高周波半導体素子を含み、

上記寄生容量を実質的にキャンセルするための第2のインダクタをさらに備えたことを特徴とする。

またさらに、好ましくは、上記のアンテナ装置を複数個備え、

- 20 上記複数個のアンテナ装置により受信された無線信号に基づいて、複数個のアンテナ装置を選択的に切り換えて、選択したアンテナ装置を給電点に接続する第4のスイッチ手段を備えたことを特徴とする。

ここで、上記第4のスイッチ手段は、好ましくは、上記選択しないアンテナ装置を接地することを特徴とする。

- 25 また、上記アンテナ装置において、好ましくは、上記アンテナ素子を、接地導体が形成されていない上記誘電体基板上に形成したことを特徴とする。

ここで、好ましくは、上記微小ループアンテナを別の誘電体基板上に形成したことを特徴とする。

さらに、上記アンテナ装置において、好ましくは、上記別の誘電体基板は少なくとも1つの凸部を有し、

上記誘電体基板は上記誘電体基板の少なくとも1つの凸部と嵌合する少なくとも1つの穴部を有し、

- 5 上記別の誘電体基板の少なくとも1つの凸部を上記誘電体基板の少なくとも1つの穴部に嵌合させることにより、上記別の誘電体基板を上記誘電体基板に連結したことを特徴とする。

とって代わって、上記アンテナ装置において、好ましくは、上記誘電体基板は少なくとも1つの凸部を有し、

- 10 上記別の誘電体基板は上記誘電体基板の少なくとも1つの凸部と挿入して嵌合する少なくとも1つの穴部を有し、

上記誘電体基板の少なくとも1つの凸部を上記別の誘電体基板の少なくとも1つの穴部に挿入して嵌合させることにより、上記誘電体基板を上記別の誘電体基板に連結したことを特徴とする。

- 15 またさらに、上記アンテナ装置は、好ましくは、
上記誘電体基板上に形成され、上記アンテナ素子に接続された第1の接続導体と、
上記別の誘電体基板上に形成され、上記微小ループアンテナに接続された第2の接続導体とをさらに備え、

- 20 上記誘電体基板と上記別の誘電体基板とを連結したとき、上記第1の接続導体と上記第2の接続導体とを電氣的に接続したことを特徴とする。

ここで、好ましくは、上記第1の接続導体は、その一部分であって所定の第1の面積を有し、上記第2の接続導体との接続のための半田付けを行う第1の導体露出部を備え、

- 25 上記第2の接続導体は、その一部分であって所定の第2の面積を有し、上記第1の接続導体との接続のための半田付けを行う第2の導体露出部を備えたことを特徴とする。

第2の発明に係る無線通信装置は、上記のアンテナ装置と、

上記アンテナ装置に接続された無線通信回路とを備えたことを特徴とする。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るアンテナ装置 101 の構成を示す斜視図である。

5 図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係るアンテナ装置 102 の構成を示す斜視図である。

図 3 は、本発明の第 3 の実施形態に係るアンテナ装置 103 の構成を示す斜視図である。

図 4 は、図 1 のアンテナ装置 101 に金属板 30 を近接したときの状態を示す斜視図である。

10 図 5 は、図 1 のアンテナ装置 101 の等価回路を示す回路図である。

図 6 は、図 4 の状態で実行した実験のために用いる実験システムを示す正面図である。

図 7 は、図 6 の実験結果であって、金属板 30 からアンテナ装置 101 までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

15 図 8 は、図 6 の実験のために用いる第 2 の比較例に係るアンテナ装置 192 の構成を示す平面図である。

図 9 は、図 6 の実験のために用いる第 2 の実施形態に係るアンテナ装置 102 の構成を示す平面図である。

20 図 10 は、図 6 の実験のために用いる第 1 の比較例に係るアンテナ装置 191 の構成を示す平面図である。

図 11 は、図 6 の実験のために用いる第 1 の実施形態に係るアンテナ装置 101 の構成を示す平面図である。

25 図 12 は、図 8 乃至図 11 の各アンテナ装置について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、金属板 30 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

図 13 は、図 11 のアンテナ装置 101 について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、金属板 30 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

図 1 4 は、図 9 のアンテナ装置 1 0 2 について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、金属板 3 0 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

5 図 1 5 は、図 1 0 のアンテナ装置 1 9 1 について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、金属板 3 0 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

図 1 6 は、図 8 のアンテナ装置 1 9 2 について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、金属板 3 0 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

10 図 1 7 は、図 8 乃至図 1 1 の各アンテナ装置について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、金属板 3 0 から各アンテナ装置までの距離 D に対する各アンテナ装置の給電点 Q における入力電圧定在波比（入力 V S W R）を示すグラフである。

15 図 1 8 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 1 について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、ループアンテナ A 3 の巻き回数 N をパラメータとしたときの、金属板 3 0 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

図 1 9 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 1 において巻き回数 $N = 1.5$ のときの動作を示すための概略正面図である。

20 図 2 0 は、図 1 9 の動作における見かけ上の動作状態を示す概略正面図である。

図 2 1 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 1 において巻き回数 $N = 2$ のときの動作を示すための概略正面図である。

図 2 2 は、図 2 1 の動作における見かけ上の動作状態を示す概略正面図である。

25 図 2 3 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 1 のアンテナ素子 A 2 の素子幅を増大させたときの効果を示す、金属板 3 0 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

図 2 4 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 1 のアンテナ素子 A 2 の素子幅を増大させたときにおける、金属板 3 0 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向の

アンテナ利得を示すグラフである。

図 2 5 は、図 1 のアンテナ装置 1 0 1 のアンテナ素子 A 2 の素子幅を増大させないとき、すなわち図 1 のアンテナ装置 1 0 1 における、金属板 3 0 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

5 図 2 6 は、本発明の第 4 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 4 の構成を示す斜視図である。

図 2 7 は、本発明の第 5 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 5 の構成を示す斜視図である。

10 図 2 8 は、本発明の第 5 の実施形態の変形例に係るアンテナ装置 1 0 5 A の構成を示す斜視図である。

図 2 9 は、本発明の第 6 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 6 の構成を示す斜視図である。

図 3 0 は、本発明の第 7 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 7 の構成を示す斜視図である。

15 図 3 1 は、本発明の第 8 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 8 の構成を示す斜視図である。

図 3 2 は、図 3 1 のアンテナ装置 1 0 8 において、キャパシタ C 1 をアンテナ素子 A 1 の中央位置 Q 0 に接続したときの、金属板 3 0 からアンテナ装置 1 0 8 までの距離 D に対するアンテナ利得を示すグラフである。

20 図 3 3 は、図 3 1 のアンテナ装置 1 0 8 において、キャパシタ C 1 をアンテナ素子 A 1 の給電点 Q 側端部 Q 1 に接続したときの、金属板 3 0 からアンテナ装置 1 0 8 までの距離 D に対するアンテナ利得を示すグラフである。

25 図 3 4 は、図 3 1 のアンテナ装置 1 0 8 において、キャパシタ C 1 をアンテナ素子 A 1 のループアンテナ A 3 側端部 Q 2 に接続したときの、金属板 3 0 からアンテナ装置 1 0 8 までの距離 D に対するアンテナ利得を示すグラフである。

図 3 5 は、本発明の第 4 の実施形態の第 1 の変形例に係るアンテナ装置 1 0 4 A の構成を示す斜視図である。

図 3 6 は、本発明の第 4 の実施形態の第 2 の変形例に係るアンテナ装置 1 0 4

Bの構成を示す斜視図である。

図37は、本発明の第9の実施形態に係るアンテナ装置109の構成を示す斜視図である。

5 図38は、本発明の第10の実施形態に係るアンテナ装置110の構成を示す斜視図である。

図39は、本発明の第11の実施形態に係るアンテナ装置111の構成を示す斜視図である。

図40は、本発明の第12の実施形態に係るアンテナ装置112の構成を示す斜視図である。

10 図41は、図37及び図39のアンテナ装置109、111の周波数切り換え回路51の第1の実施例51-1の電気回路を示す回路図である。

図42は、図37及び図39のアンテナ装置109、111の周波数切り換え回路51の第2の実施例51-2の電気回路を示す回路図である。

15 図43は、図37及び図39のアンテナ装置109、111の周波数切り換え回路51の第3の実施例51-3の電気回路を示す回路図である。

図44は、図37及び図39のアンテナ装置109、111の周波数切り換え回路51の第4の実施例51-4の電気回路を示す回路図である。

図45は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え回路52の第1の実施例52-1の電気回路を示す回路図である。

20 図46は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え回路52の第2の実施例52-2の電気回路を示す回路図である。

図47は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え回路52の第3の実施例52-3の電気回路を示す回路図である。

25 図48は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え回路52の第4の実施例52-4の電気回路を示す回路図である。

図49は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え回路52の第5の実施例52-5の電気回路を示す回路図である。

図50は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え

回路 5 2 の第 6 の実施例 5 2 - 6 の電気回路を示す回路図である。

図 5 1 は、本発明の第 1 3 の実施形態に係るアンテナ装置 1 1 3 の構成を示す斜視図である。

5 図 5 2 は、本発明の第 1 4 の実施形態に係るアンテナ装置 1 1 4 の構成を示す平面図である。

図 5 3 は、本発明の第 1 5 の実施形態に係るアンテナ装置 1 1 5 の構成を示す斜視図である。

図 5 4 は、図 5 3 のアンテナ装置 1 1 5 の裏側の構造を示す斜視図である。

図 5 5 は、図 5 4 の基板嵌合連結部の詳細を示す斜視図である。

10 図 5 6 は、本発明の第 1 6 の実施形態に係るアンテナ装置 1 1 6 の構成を示す斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して、本発明の好ましい実施形態について詳細に説明する。
なお、同様のものについては同一の符号を付し、詳細説明を省略する。

15 第 1 の実施形態

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 1 の構成を示す斜視図である。図 1 において、第 1 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 1 は、実質的に直線状であって互いに実質的に平行に配置される 2 本のアンテナ素子 A 1、A 2 と、これらアンテナ素子 A 1、A 2 の間に挿入接続されかつアンテナ素子 A 1、A 2 に対して垂直な方向で設けられ、巻き回数 $N = 1.5$ を有する矩形の微小ループアンテナ A 3 と、アンテナ素子 A 1 と給電点 Q との間に挿入接続されたキャパシタ C 1 とを備えて構成されたことを特徴としている。

25 図 1 において、裏面全面に接地導体 1 1 が形成されてなる誘電体基板 1 0 の長手方向の左上側縁端部に給電点 Q が設けられ、給電点 Q は、微小ループアンテナのインダクタンスとともに直列共振回路を構成するキャパシタ C 1 を介してアンテナ素子 A 1 の一端に接続される。アンテナ素子 A 1 の他端は微小ループアンテナ A 3 を介してアンテナ素子 A 2 の一端に接続され、アンテナ素子 A 2 の他端は、誘電体基板 1 0 を厚さ方向に貫通するスルーホールに充填されたスルーホール導

体 1 3 を介して接地導体 1 1 に接続されて接地される。また、給電点 Q は、インピーダンス整合用キャパシタ C 2 及びスルーホール導体 1 2 を介して接地導体 1 1 に接続されて接地されるとともに、給電点 Q は、誘電体基板 1 0 上に形成された、例えばマイクロストリップ線路などの給電ケーブル 2 5 を介して、誘電体基板 1 0 上に形成された無線通信回路 2 0 のサーキュレータ 2 3 に接続される。ここで、インピーダンス整合用キャパシタ C 2 は、給電点 Q においてアンテナ装置 1 0 1 を見たときの入力インピーダンスを、給電ケーブル 2 5 の特性インピーダンスに整合させるために用いられる。また、スルーホール導体 1 2 はスルーホール導体 1 3 と同様に、誘電体基板 1 0 を厚さ方向に貫通するスルーホールに充填された導体である。なお、図 1 に示すように、誘電体基板 1 0 の面に対して垂直な方向を X 方向とし、誘電体基板 1 0 の長手方向であって、誘電体基板 1 0 からアンテナ装置 1 0 1 に向う方向を Z 方向とし、上記 X 方向及び Z 方向に対して垂直な方向であって、誘電体基板 1 0 の幅方向を Y 方向としている。

なお、誘電体基板 1 0 として、ガラスエポキシ基板、テフロン（登録商標）基板、フェノール基板、多層基板などを用いることができる。

図 1 のアンテナ装置 1 0 1 において、直線状の導線にてなるアンテナ素子 A 1, A 2 はそれぞれ長さ H を有し、互いに平行であって Z 方向に延在するように配置される。また、微小ループアンテナ A 3 は、そのループの軸方向が Z 方向と平行であって、微小ループアンテナ A 3 のループ平面がアンテナ素子 A 1, A 2 や誘電体基板 1 0 の面に対して垂直となるように配置されている。また、微小ループアンテナ A 3 は、巻き回数 $N = 1.5$ を有しかつ幅 w 及び高さ h を有する矩形形状を有し、これにより所定の全長長さ $L (= 3w + 4h)$ を有する。ここで、全長長さ L は、後述する無線通信回路 2 0 で使用する無線信号の周波数の波長 λ に対して、 0.01λ 以上であって、 0.5λ 以下、好ましくは 0.2λ 以下、より好ましくは 0.1λ 以下に設定され、これにより、微小ループアンテナ A 3 を構成する。なお、微小ループアンテナ A 3 の外径寸法（矩形の一辺の長さ又は円形の直径）は、 0.01λ 以上であって、 0.2λ 以下、好ましくは 0.1λ 以下、より好ましくは 0.03λ 以下に設定される。

さらに、無線通信回路 20 において、アンテナ装置 101 により受信された無線信号は給電点 Q を介してサーキュレータ 23 に入力された後、無線受信回路 21 に入力され、高周波増幅、周波数変換及び復調などの処理が施され、音声信号、映像信号又はデータ信号などのデータが取り出される。コントローラ 24 は無線
5 受信回路 21 及び無線送信回路 22 の動作を制御する。無線送信回路 22 は、送信すべき音声信号、映像信号又はデータ信号などのデータに従って、無線搬送波を変調し、変調された無線搬送波を電力増幅した後、サーキュレータ 23 及び給電点 Q を介してアンテナ装置 101 に出力し、当該無線信号をアンテナ装置 101 から放射させる。また、コントローラ 24 は図示しないインターフェース回路
10 を介して所定の外部装置に接続され、外部装置からのデータを含む無線信号をアンテナ装置 101 により放射する一方、アンテナ装置 101 により受信された無線信号に含まれるデータを外部装置に出力する。

以上のように構成されたアンテナ装置 101 においては、

(a) 接地導体 11 を有する誘電体基板 10 と、

15 (b) 図 4 乃至図 7 などを参照して詳細後述するように、接地導体 11 と電磁的な結合が生じるように（すなわち、微小ループアンテナ A3 に高周波信号を流したときに微小ループアンテナ A3 のコイルにより誘起される電磁界が接地導体 11 に対して実質的に印加されるように）誘電体基板 10 と電磁的に近接して設けられ、図 4 の金属板 30 がアンテナ装置 101 に近接したときに、金属板 30 と
20 垂直な方向に平行な指向特性の主ビームを有する磁流アンテナとして動作する一方、金属板 30 がアンテナ装置 101 から離隔したときに電流アンテナとして動作する微小ループアンテナ A3 と、

(c) アンテナ素子 A1, A2 の導線の長手方向に対して垂直な方向に指向特性の主ビームを有する電流アンテナ（いわゆる伝送線路アンテナともいう。）として
25 て動作する 2 本のアンテナ素子 A1, A2 とを備え、

(d) アンテナ素子 A1 の一端は給電点 Q を介して無線通信回路 20 に接続され、アンテナ素子 A2 の一端は接続導体 11 に接続されて接地され、これにより、アンテナ装置 101 は不平衡型アンテナとなる。

このようにアンテナ装置 101 を構成することにより、従来技術の微小ループアンテナに比較して、垂直偏波（図 4 に示すように誘電体基板 10 を地面に対して垂直となるように立設したときの Z 方向の偏波をいい、以下、同様である。）と水平偏波（図 4 に示すように誘電体基板 10 を地面に対して垂直となるように立設したときの Y 方向の偏波をいい、以下同様である。）との合成指向特性において、高いアンテナ利得を得ることができる。特に、図 4 を参照して後述する金属板 30 がアンテナ装置 101 に近接する場合に限らず、金属板 30 から離隔される場合であっても非常に高いアンテナ利得を得ることができる。

以上のように構成されたアンテナ装置 101 は、誘電体基板 10 上の無線通信回路 20 とともに所定の筐体に収容され、無線通信装置を構成する。当該構成については、以下の実施形態においても同様である。

以上の第 1 の実施形態において、2 本のアンテナ素子 A1, A2 を用いているが、本発明はこれに限らず、少なくとも 1 本のアンテナ素子 A1 又は A2 を備えればよい。また、微小ループアンテナ A3 は矩形形状であるが、本発明はこれに限らず、円形状、楕円形状又は多角形など他の形状であってもよい。ここで、微小ループアンテナ A3 のループは、螺旋コイル形状であってもよいし、渦巻きコイル形状であってもよい。さらに、微小ループアンテナ A3 の巻き回数 N は 1.5 に限らず、詳細後述するように、他の巻き回数 N であってもよい。また、キャパシタ C1 を用いているが、本発明はこれに限らず、キャパシタ C1 を用いず、アンテナ装置 101 を構成してもよい。さらに、インピーダンス整合用キャパシタ C2 を用いているが、本発明はこれに限らず、これに代えてインピーダンス整合用インダクタ、もしくはキャパシタとインダクタの組み合わせ回路であるインピーダンス整合回路を用いてもよいし、インピーダンス整合回路が不要であるときは設けなくてもよい。以上の変形例は、以下に示す実施形態やその変形例に対しても適用できる。

次いで、アンテナ装置 101 のキャパシタ C1 の容量値の決定方法について以下に説明する。

図 1 のアンテナ装置 101 において、無線送信回路 22 又は給電点 Q に対して、

キャパシタ C 1 と、微小ループアンテナ A 3 のインダクタンスが直列に接続され、当該インダクタンスのリアクタンスをほぼ打ち消すようにキャパシタ C 1 が設定されている。また、微小ループアンテナ A 3 の他端は接地導体 1 1 に接続されている。ここで、微小ループアンテナ A 3 のインダクタンスを大きくし、すなわち、
5 そのリアクタンスを大きくし、キャパシタ C 1 の容量を小さくし、すなわちそのリアクタンスを大きく設定しているため、微小ループアンテナ A 3 のインダクタンスと、キャパシタ C 1 との接続点で大きな高周波電圧振幅が発生する。ここで、当該接続点で大きな高周波電圧振幅が発生する理由は、一般に LC 共振回路の共振時のインピーダンス Z は、 $Z = L / (R \cdot C) = Q \omega L$ (ここで、 $R = R_1 + R_c$; R_1 は放射抵抗であり、 R_c は損失抵抗であり、 Q は品質係数 (Quality Factor) である。) で表され、当該 LC 共振回路に同一の電力を供給したときに、インダクタンス L に比例して電圧振幅が大きくなり、また、インダクタンス L を大きくしかつキャパシタンス C を小さくすることにより共振インピーダンスが大きくなる。なお、微小ループアンテナ A 3 のインダクタンスは自由空間に対して
10 電界及び磁界で結合しており、自由空間に対して放射抵抗を持っている。そのため、前記接続点で大きな高周波電圧振幅が発生すると、自由空間への放射エネルギーが大きくなり良好なアンテナ利得を得ることができる。

本発明者が試作したある実施例では、429 MHz 帯のアンテナ装置 1 0 1 として動作し、キャパシタ C 1 の容量は 1 p F であるので、そのインピーダンス Z の絶対値 $|Z|$ は 371 Ω と大きくなっている。概略キャパシタ C 1 のインピーダンスの絶対値 $|Z|$ を 200 Ω 以上に設定することにより、高いアンテナ利得を得ることができる。そして、キャパシタ C 1 の容量を決定すると、共振周波数の条件より、微小ループアンテナ A 3 の大きさをほぼ一義的に決定することができる。
20

なお、キャパシタ C 1 の容量を上記の実施例よりも小さく設計することにより、インピーダンスの絶対値 $|Z|$ を非常に大きな値とすることが可能であるが、実際のアンテナ装置 1 0 1 では寄生容量の影響などにより、安定して同一の共振周波数を得ることが困難となってくる。概略、インピーダンスの絶対値 $|Z|$ の範
25

阻として $200\ \Omega \sim 2000\ \Omega$ 程度が容易に実現可能と想定されるが、上記範囲を超えて設定しても構わない。また、キャパシタ $C1$ のインピーダンスの絶対値 $|Z|$ をより大きくすればアンテナ利得が向上するのは、対応する微小ループアンテナ $A3$ のインダクタンス値を大きくできるからである。

- 5 以上のように構成された第1の実施形態に係るアンテナ装置101は、2本のアンテナ素子 $A1$ 、 $A2$ と、微小ループアンテナ $A3$ とを備えて構成されるので、構造がきわめて簡単であり、小型・軽量で製造でき、かつ製造コストが安価である。

第2の実施形態

- 10 図2は、本発明の第2の実施形態に係るアンテナ装置102の構成を示す斜視図である。図2において、第2の実施形態に係るアンテナ装置102は、第1の実施形態に係るアンテナ装置101に比較して、微小ループアンテナ $A3$ のループ軸方向を X 方向と平行とし、すなわち、微小ループアンテナ $A3$ のループ平面を、2本のアンテナ素子 $A1$ 、 $A2$ と実質的に同一の平面に配置したことを特徴
- 15 としている。以上のように構成されたアンテナ装置102において、微小ループアンテナ $A3$ のループ軸方向は X 方向と平行となり、詳細後述するように、特に、金属板30を離隔した場合において、微小ループアンテナ $A3$ が電流アンテナとして有効的に動作して垂直偏波のアンテナ利得を増大させる（図14参照）。

第3の実施形態

- 20 図3は、本発明の第3の実施形態に係るアンテナ装置103の構成を示す斜視図である。図3において、第3の実施形態に係るアンテナ装置103は、第1の実施形態に係るアンテナ装置101に比較して、微小ループアンテナ $A3$ のループ軸方向を、微小ループアンテナ $A3$ と各アンテナ素子 $A1$ 、 $A2$ との接続点間の軸を中心として、 Z 方向から所定の傾斜角 θ ($0 < \theta < 90^\circ$) だけ傾斜する
- 25 ように、微小ループアンテナ $A3$ を配置したことを特徴としている。以上のように構成されたアンテナ装置103において、アンテナ装置101と、アンテナ装置102との組み合わせとして動作し、アンテナ装置101の動作特徴と、アンテナ装置102の動作特徴とを有する。従って、これらのアンテナ装置101、

102の欠点を補完した指向特性を得ることができ、総合的な垂直偏波及び垂直偏波のアンテナ利得を増大できる。

実施形態に係るアンテナ装置の実験とその実験結果

図4は、図1のアンテナ装置101に金属板30を近接したときの状態を示す斜視図である。図4において、誘電体基板10を地面に対して垂直となるように立設し、誘電体基板10の裏面に形成された接地導体11が金属板30と対向するように誘電体基板10を配置している。ここで、接地導体11と、金属板30との間の距離をDとしている。ここで、アンテナ装置101が金属板30から離れているときは、微小ループアンテナA3のコイル部によりトップローディングされたモノポールアンテナと類似の電流型動作となり、接地導体11に電流I1が励起されることによりX方向への放射の電界偏波面はZ方向のE1となる。一方、金属板30が誘電体基板10に接近したときは、微小ループアンテナA3のコイル部の磁流Mにより、金属板30の表面に磁流M'が励起された微小ループアンテナと類似した磁流型動作となり、偏波面はY方向のE2となる。すなわち金属板30の有無により電流型動作と磁流型動作が切り換わる特性を示す。

図5は、図1のアンテナ装置101の等価回路を示す回路図である。図5の等価回路において、アンテナ装置101の入力端である給電点Qと接地導体11との間には、インピーダンス整合用キャパシタC2が接続され、給電点Qは以下の回路素子を介して接地導体11に接続される。

- (a) 直列共振用のキャパシタC1。
- (b) アンテナ素子A1の損失抵抗 R_{CA1} 。
- (c) アンテナ素子A1の放射抵抗 R_{rA1} 。
- (d) アンテナ素子A1のインダクタンス L_{A1} 。
- (e) 微小ループアンテナA3の放射抵抗 R_{rloop} 。
- (f) 微小ループアンテナA3の損失抵抗 R_{clloop} 。
- (g) 誘起電圧e。
- (h) 微小ループアンテナA3のインダクタンス L_{loop} 。
- (i) アンテナ素子A2のインダクタンス L_{A2} 。

(j) アンテナ素子A2の放射抵抗 R_{rA2} 。

(k) アンテナ素子A2の損失抵抗 R_{cA2} 。

ここで、アンテナ装置101の全体の放射抵抗 R_r 及び損失抵抗 R_c は次式で表される。

$$5 \quad R_r = R_{rA1} + R_{rA2} + R_{rloop} \quad (1)$$

$$R_c = R_{cA1} + R_{cA2} + R_{cloop} \quad (2)$$

図5のアンテナ装置101において流れる電流を I とすると、放射電力 P_r と損失電力 P_c は次式で表される。

$$P_r = (1/2) I^2 R_r \quad (3)$$

$$10 \quad P_c = (1/2) I^2 R_c \quad (4)$$

ここで、アンテナ装置101に入力される入力電力 P_{in} は次式で表される。

$$P_{in} = P_r + P_c \quad (5)$$

従って、アンテナ装置101の放射効率 η は次式で表される。

$$\eta = P_r / P_{in} = R_r / (R_r + R_c) \quad (6)$$

15 それ故、以上の式を用いてアンテナ装置101の動作及び特性について解析できる。

図6は、図4の状態で行った実験のために用いる実験システムを示す正面図である。図6に示すように、誘電体基板10上に形成され外部発振器22Aに接続されたアンテナ装置101を金属板30に距離 D で近接させ又は離隔させ、このときの距離 D を変化させたときに、アンテナ装置101からX方向に1.5mの距離にあり、長手方向がZ方向に平行であるスリーブアンテナ31を用いて、半波長ダイポールを基準利得としたときのX方向のアンテナ利得[dBd]を測定した。ここで、測定周波数は429MHzであり、誘電体基板10の寸法は29×63mmであり、アンテナ素子A1、A2の長さ $H=10$ mm、微小ループアンテナA3の高さ $h=8$ mm、幅 $w=29$ mmである。アンテナ装置101の各素子A1、A2、A3は0.8mmφの銅線を折り曲げて作成し、キャパシタC1の容量は1pFである。

図7は、図6の実験結果であって、金属板30からアンテナ装置101までの

距離Dに対するX方向のアンテナ利得を示すグラフである。図7から明らかなように、金属板30がアンテナ装置101から離れているときは、垂直偏波成分（Z軸方向）が大きく、誘電体基板10の接地導体11に流れる電流I1による放射が支配的となっている。次いで、金属板30がD=4cm以下に接近すると、垂直偏波成分が急激に低下し、代わって水平偏波成分（Y軸方向）が大きくなる。このとき、微小ループアンテナA3のコイル部が磁流アンテナとして動作している。このとき、垂直偏波成分と水平偏波成分を合成した合成特性では、金属板30からの距離Dによる利得変化が小さいことがわかる。従って、アンテナ装置101は、金属板30を近接した場合も離隔した場合も所定のアンテナ利得以上のアンテナ利得を得ることができる。

図8は、図6の実験のために用いる第2の比較例に係るアンテナ装置192の構成を示す平面図である。図8に示すように、第2の比較例に係るアンテナ装置192は、アンテナ素子A1、A2を備えず、誘電体基板10の面に平行な微小ループアンテナA3のみで構成される。なお、誘電体基板10の寸法は19mm×27mmであり、図9乃至図11においても同様である。

図9は、図6の実験のために用いる第2の実施形態に係るアンテナ装置102の構成を示す平面図である。図9に示すように、第2の実施形態に係るアンテナ装置102は、図2と同様に、アンテナ素子A1、A2と、誘電体基板10の面に平行な微小ループアンテナA3とで構成される。

図10は、図6の実験のために用いる第1の比較例に係るアンテナ装置191の構成を示す平面図である。図10に示すように、第1の比較例に係るアンテナ装置191は、アンテナ素子A1、A2を備えず、誘電体基板10の面に垂直な微小ループアンテナA3のみで構成される。

図11は、図6の実験のために用いる第1の実施形態に係るアンテナ装置101の構成を示す平面図である。図11に示すように、第1の実施形態に係るアンテナ装置101は、図1と同様に、アンテナ素子A1、A2と、誘電体基板10の面に垂直な微小ループアンテナA3とで構成される。

なお、図8乃至図11において、実験に用いるアンテナ装置101、102、

191, 192の寸法は図示の通りである。

図12は、図8乃至図11の各アンテナ装置について図6の実験を行ったときの
実験結果であって、金属板30から各アンテナ装置までの距離Dに対するX方
向のアンテナ利得を示すグラフである。図12から明らかなように、アンテナ素
子A1, A2を備えたアンテナ装置101, 102は、アンテナ素子A1, A2
を備えないアンテナ装置191, 192に比較して、金属板30から離隔してい
るときに、より大きなアンテナ利得を得ることができる。また、誘電体基板10
の面に垂直な微小ループアンテナA3を備えたアンテナ装置101, 191は、
誘電体基板10の面に水平な微小ループアンテナA3を備えたアンテナ装置10
2, 192に比較して、金属板30に近接しているときに、より大きなアンテナ
利得を得ることができる。従って、アンテナ素子A1, A2を備えるとともに、
誘電体基板10の面に垂直な微小ループアンテナA3を備えることにより、金属
板30から離隔している場合と、金属板30に近接している場合との両方におい
て、より大きなアンテナ利得を得ることができる。

図13は、図11のアンテナ装置101について図6の実験を行ったときの実
験結果であって、金属板30から各アンテナ装置までの距離Dに対するX方向の
アンテナ利得を示すグラフである。図14は、図9のアンテナ装置102につい
て図6の実験を行ったときの実験結果であって、金属板30から各アンテナ装置
までの距離Dに対するX方向のアンテナ利得を示すグラフである。図15は、図
10のアンテナ装置191について図6の実験を行ったときの実験結果であって、
金属板30から各アンテナ装置までの距離Dに対するX方向のアンテナ利得を示
すグラフである。図16は、図8のアンテナ装置192について図6の実験を行
ったときの実験結果であって、金属板30から各アンテナ装置までの距離Dに対
するX方向のアンテナ利得を示すグラフである。

これらの図13乃至図16は、各アンテナ装置101, 102, 191, 19
2において、アンテナ利得の偏波成分の変化を示すグラフである。図13乃至図
16から明らかなように、アンテナ素子A1, A2を備えたアンテナ装置101,
102は、アンテナ素子A1, A2を備えないアンテナ装置191, 192に比

較して、金属板 30 から離隔しているときに、垂直偏波成分が増大することにより、より大きなアンテナ利得を得ることができる。また、誘電体基板 10 の面に垂直な微小ループアンテナ A 3 を備えたアンテナ装置 101, 191 は、誘電体基板 10 の面に水平な微小ループアンテナ A 3 を備えたアンテナ装置 102, 192 に比較して、金属板 30 に近接しているときに、水平偏波成分が増大することにより、より大きなアンテナ利得を得ることができる。

次いで、微小ループアンテナ A 3 のコイル軸方向について以下に説明する。微小ループアンテナ A 3 のコイル軸方向は、図 1 に示すように、誘電体基板 10 の長手方向と平行となるように設定することが好ましい。これにより、金属版 30 が接近したときにも利得低下が小さいという特徴がある。また、微小ループアンテナ A 3 のコイル軸方向を、図 2 に示すように、誘電体基板 10 と直交するように設定してもよく、この場合、アンテナ素子 A 1, A 2 により接地導体 11 から微小ループアンテナ A 3 をより遠くに離すことができるために、アンテナ利得をより大きくすることができる。そして、金属板 30 が接近していない場合にはむしろ図 2 のアンテナ装置 102の方が図 1 のアンテナ装置 101 に比較して大きい利得を得ることができる。また、図 2 のアンテナ装置 102 において、大きな主ビームの指向特性を有せず、すなわち、無指向性に近い指向特性を得ることができる。また、図 2 のアンテナ装置 102 においては、誘電体基板 10 に対して垂直であって、微小ループアンテナ A 3 の両端部側に金属板 30 があるときには、金属板 30 とは反対方向に電波を放射できる。従って、無線通信装置の前方に接近して金属板 30 があるときでも利得低下が小さいといえる。

図 17 は、図 8 乃至図 11 の各アンテナ装置について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、金属板 30 から各アンテナ装置までの距離 D に対する各アンテナ装置の給電点 Q における入力電圧定在波比（以下、入力 VSWR という。）を示すグラフである。図 17 から明らかなように、誘電体基板 10 の面に垂直な微小ループアンテナ A 3 を備えたアンテナ装置 101, 191 において、金属板 30 を近接したときの入力 VSWR の劣化が小さくなり、さらに、アンテナ素子 A 1, A 2 を備えたアンテナ装置 101 では、その劣化がさらに小さくな

る。

図 18 は、図 1 のアンテナ装置 101 について図 6 の実験を行ったときの実験結果であって、ループアンテナ A3 の巻き回数 N をパラメータとしたときの、金属板 30 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。図 18 から明らかなように、金属板 30 を近接したときのアンテナ利得は、巻き回数 $N = 1.5$ のときが最も大きい。この理由について、アンテナ装置 101 の動作を示す図 19 乃至図 22 を参照して以下に考察する。

図 19 は、図 1 のアンテナ装置 101 において巻き回数 $N = 1.5$ のときの動作を示すための概略正面図である。図 20 は、図 19 の動作における見かけ上の動作状態を示す概略正面図である。図 21 は、図 1 のアンテナ装置 101 において巻き回数 $N = 2$ のときの動作を示すための概略正面図である。図 22 は、図 21 の動作における見かけ上の動作状態を示す概略正面図である。

図 19 においては、微小ループアンテナ A3 の 1.5 回巻きコイルに流れる水平方向の高周波電流 I_{11} , I_{12} , I_{13} を示している。ここで、電流 I_{12} と電流 I_{13} は向きが逆でほぼ同じ大きさであり打ち消しあうため、微小ループアンテナ A3 は、見かけ上、図 20 に示すような電流 I_{11} と磁流の鏡像 A3' による見かけ上の電流 I_{11}' からなる大きなループを持った磁流アンテナとして動作する。一方、微小ループアンテナ A3 のコイルを 2 回巻きとした場合は、図 21 に示すように、電流 I_{11} と電流 I_{13} 、電流 I_{12} と電流 I_{14} が互いに打ち消しあうために、図 22 に示すように見かけ上の電流 I_{11} が小さくなりアンテナ利得は大幅に低下する。このように、微小ループアンテナ A3 のコイルの巻き回数 N を概略 1.5 回巻きとすることにより、より高いアンテナ利得と小型化を両立することができる。

なお、実施形態では、微小ループアンテナ A3 の巻き回数 N を概略 1.5 回巻きとしたが、正確に 1.5 回巻きでなくともよい。具体的には、1.2 回巻き～1.8 回巻きの範囲であれば比較的大きなアンテナ利得を得ることができる。また、微小ループアンテナ A3 の巻き回数 N を概略 0.5 回巻き又は概略 2.5 回巻きなどとしても良好な特性を得られる。特に、概略 2.5 回巻きでは、概略 1.

5 回巻きに比べてさらにアンテナの小型化を図ることができる。そして、微小ループアンテナ A 3 の巻き回数 N について、概略 $N = (n - 1) + 0.5$ (ここで、 n は自然数である。) とすることにより、大きなアンテナ利得を得ることができる。具体的には、概略 0.5 回巻き、概略 1.5 回巻き、概略 2.5 回巻き、概略 3.5 回巻き、概略 4.5 回巻きなどに設定してもよい。

図 23 は、図 1 のアンテナ装置 101 のアンテナ素子 A 2 の素子幅を増大させたとき (この状態でのアンテナ装置を 101G とし、図 23 において 101G で示す。) の効果を示す、金属板 30 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。図 24 は、図 1 のアンテナ装置 101 のアンテナ素子 A 2 の素子幅を増大させたときにおける、金属板 30 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。図 25 は、図 1 のアンテナ装置 101 のアンテナ素子 A 2 の素子幅を増大させないとき、すなわち図 1 のアンテナ装置 101 における、金属板 30 から各アンテナ装置までの距離 D に対する X 方向のアンテナ利得を示すグラフである。

ここで、図 23 乃至図 25 の実験は、後述する図 30 のアンテナ装置 107 において、アンテナ素子 A 2 のストリップ導体の幅を、誘電体基板 10 の幅の約半分まで増大させて行った。この状態でのアンテナ装置 101G では、右側のアンテナ素子 A 2 をほとんど接地導体の状態にしており、アンテナ素子 A 2 を無くしたことに等価であると考えられる。すなわち、図 23 から明らかなように、アンテナ素子 A 2 を有するアンテナ装置 101 のアンテナ利得は、アンテナ素子 A 2 を有しない比較例のアンテナ装置 101G のアンテナ利得に比較して非常に高い。

以上説明したように、第 1 の実施形態に係るアンテナ装置 101 によれば、金属板 30 からの距離 D を小さくすると、電流型動作から磁流型動作に切り替わることで、常に良好な放射利得が得られる。本発明者らは、当該アンテナ装置 101 を適用した無線通信装置の無線モジュールを白物家庭電化製品各機器に内蔵して、特性評価した結果、指向特性測定における最大アンテナ利得として、冷蔵庫において -10 dBd 、エアコンディショナーにおいて -11 dBd の良好なアンテナ利得が得られた。

さらに、微小ループアンテナA3のコイルの大きさ及び巻き回数Nと、アンテナ素子A1、A2の長さとの関係について以下に説明する。これらの関係を適切に調整することにより金属板30の有無によってほとんど入力VSWRが変化しないようになり、これらの関係のバランスがとれる。本発明者らの実験によれば、これは金属板30の接近によりアンテナ素子A1、A2のインダクタンスは減少するが、微小ループアンテナA3のコイルのインダクタンスは増加するためであると考えられる。その根拠としては、微小ループアンテナA3の巻き回数Nが少ない(N=0.5又は1)場合は、金属板30の接近により共振周波数が高い方に变化するのに対して、巻き回数Nが多い(1.5回又は2回)場合は低い方に变化することを測定している。

第4の実施形態

図26は、本発明の第4の実施形態に係るアンテナ装置104の構成を示す斜視図である。図26において、第4の実施形態に係るアンテナ装置104は、図1の第1の実施形態に係るアンテナ装置101に比較して以下の点が異なる。

(1) アンテナ素子A1、A2をそれぞれ誘電体基板10上に、プリント配線法を用いて、銅箔のストリップ導体を形成することにより構成した。なお、アンテナ素子A1、A2が形成されている誘電体基板10の奥側縁端部の裏面において接地導体11は形成されていない。

(2) 誘電体基板10の長手方向の奥側縁端部において、誘電体基板10と垂直であって誘電体基板10と実質的に同一の幅を有する誘電体基板14を、例えば接着剤による貼り付けなどにより立設した。

(3) 微小ループアンテナA3を上記誘電体基板14上に、プリント配線法を用いて、銅箔のストリップ導体を形成することにより構成した。なお、微小ループアンテナA3の接地側近傍の端部において、誘電体基板14を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することによりスルーホール導体15を形成し、微小ループアンテナA3の接地側近傍の端部はスルーホール導体15を介して、誘電体基板14の裏面に形成されたストリップ導体15sを介してアンテナ素子A2に接続される。

(4) キャパシタC1は、給電点Q近傍ではなく、好ましくは、図26に示すように、アンテナ素子A1の概略中央点に接続される。なお、作用効果については図32乃至図34を参照して詳細後述する。

ここで、誘電体基板10、14としては、例えば、ガラスエポキシ基板、テフロン（登録商標）基板、セラミック基板、紙フェノール基板、多層基板など任意の基板を用いることができる。

本実施形態では、ストリップ導体を用いてアンテナ素子A1、A2及び微小ループアンテナA3を形成しているので、プリント配線法を用いて高い寸法精度で製作することが可能である。一般的なガラスエポキシ基板上の銅箔のストリップ導体では、量産時のストリップ導体幅のばらつきとして $\pm 30 \mu\text{m}$ 以内程度が得られる。そのため、ストリップ導体を用いたアンテナ装置のインピーダンスのばらつきを小さくすることができる。また、キャパシタC1は例えばチップコンデンサで構成でき、これも高精度品が市販されている。例えば、容量が数pFの高精度品では容量誤差 $\pm 0.1 \text{ pF}$ となっている。

従って、アンテナ装置104のこれらストリップ導体と、チップコンデンサのキャパシタC1を用いることにより、アンテナ装置104の共振周波数のばらつきを抑えることができる。また、無線通信回路20を実装するプリント配線基板である誘電体基板10上にアンテナ構造を組み込めるため、組立て箇所がほとんど無く寸法精度を上げることができる。そして、アンテナ装置104の共振周波数のばらつきが小さいので、製造時の共振周波数の調整行程を省略することができる。また、アンテナ装置104として、誘電体基板10、14以外の構造物が不要なため装置の小型化、低コスト化を図ることができる。

また、比較的幅の広い（例えば、ストリップ導体幅 $0.5 \sim 2 \text{ mm}$ 程度）銅箔のストリップ導体は、高周波抵抗が小さく、微小ループアンテナA3のコイルのQ値として100前後あるいはそれ以上を得ることができる。また、キャパシタC1のチップコンデンサでは、容量 $0.5 \sim 10 \text{ pF}$ 程度のものでQ値が100以上のものを容易に入手可能である。そのため、損失が小さく、高い利得のアンテナ装置104を実現できる。また、このアンテナ装置104では、プリント配

線基板である誘電体基板 1 4 上に、微小ループアンテナ A 3 のストリップ導体を形成したために、これに実装するキャパシタ C 1 の挿入位置に自由度があるという利点がある。

5 以上の実施形態においては、微小ループアンテナ A 3 のストリップ導体を誘電体基板 1 4 上に形成しているが、本発明はこれに限らず、例えば図 1 に示すように、微小ループアンテナ A 3 のコイル状の導線を用いてもよい。

第 5 の実施形態

図 2 7 は、本発明の第 5 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 5 の構成を示す斜視図である。図 2 7 において、第 5 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 5 は、図 2 6 の第 4 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 4 に比較して、以下の点が異なる。

10 (1) アンテナ素子 A 1, A 2 が形成されている誘電体基板 1 0 の奥側縁端部の裏面において、接地導体 1 1 とは、誘電体基板 1 0 の長手方向の所定の間隔 d をおいて、接続導体 1 1 と電氣的に絶縁されるように、浮遊導体 1 1 A が形成される。ここで、浮遊導体 1 1 A は、アンテナ素子 A 1, A 2 及び微小ループアンテナ A 3 とは電磁的に結合するように近接して形成されている。

15 (2) 接地導体 1 1 と浮遊導体 1 1 A との間に、例えば機械的な接点スイッチであるスイッチ SW 1 が接続される。

20 以上のように構成されたアンテナ素子 1 0 5 において、スイッチ SW 1 をオン又はオフに切り換えることにより、アンテナ素子 A 1, A 2 の誘電体基板 1 0 を介した接地状態を変化させている。すなわち、スイッチ SW 1 がオフのときには、浮遊導体 1 1 A が接地されておらず、接地電位から電氣的に浮いている状態であるため、アンテナ装置 1 0 5 を構成する微小ループアンテナ A 3 のストリップ導体及びアンテナ素子 A 1, A 2 のストリップ導体の電位変化に与える影響は小さい。このとき、図 7 において垂直偏波成分として示す特性に近いアンテナ利得特性となる。一方、スイッチ SW 1 がオンのときは、浮遊導体 1 1 A がスイッチ SW 1 を介して接地導体 1 1 に接続されて接地されるために、図 7 において、誘電体基板 1 0 の裏面側に金属板 3 0 が接近した場合に相当する水平偏波成分に近いアンテナ利得特性となる。すなわち、スイッチ SW 1 のオン・オフによりアンテナ

ナ装置 105 の放射方向の指向特性及び偏波面の方向を切り換えることができる。特に、偏波面はほぼ 90 度変化し、これにより、ダイバーシチ効果を得ることができ、無線通信回路 20 の通信性能を大幅に改善することができる。

以上の第 5 の実施形態に係るアンテナ装置 105 において、浮遊導体 11A はアンテナ素子 A1, A2 のうちの一部のみに近接して形成してもよい。また、浮遊導体 11A を、多層基板にてなる誘電体基板 10 内の内層面に形成してもよい。さらに、アンテナ装置 105 を構成するアンテナ素子 A1, A2 及び微小ループアンテナ A3 を誘電体基板 10, 14 上のストリップ導体ではなく、導線で形成してもよい。

図 28 は、本発明の第 5 の実施形態の変形例に係るアンテナ装置 105A の構成を示す斜視図である。図 28 において、第 5 の実施形態の変形例に係るアンテナ装置 105A は、第 5 の実施形態に係るアンテナ装置 105 に比較して以下の点が異なる。

(1) スイッチ SW1 を、高周波半導体ダイオード D1 で構成した。

(2) 高周波半導体ダイオード D1 の両端はそれぞれ、高周波阻止用インダクタ 41, 42 を介してスイッチコントローラ 40 に接続される。

ここで、スイッチコントローラ 40 は、高周波半導体ダイオード D1 をオン及びオフにそれぞれ切り換えるための所定の 2 つの逆バイアス電圧を高周波半導体ダイオード D1 に印加し、これにより、アンテナ装置 105 の放射方向の指向特性及び偏波面の方向を切り換えることができる。本実施形態によれば、アンテナ装置 105A を非常に簡単な構造で構成でき、小型・軽量であり製造コストを安価にできる。

第 6 の実施形態

図 29 は、本発明の第 6 の実施形態に係るアンテナ装置 106 の構成を示す斜視図である。図 29 において、第 6 の実施形態に係るアンテナ装置 106 は、第 5 の実施形態に係るアンテナ装置 105 に比較して以下の点が異なる。

(1) 誘電体基板 10 の左側側面のアンテナ素子 A1 近傍の奥側であって、誘電体基板 10, 14 とは直交するように、浮遊導体 30A を形成してなる誘電体基

板 1 4 b を、誘電体基板 1 0 の左側側面に貼付して設ける。ここで、浮遊導体 3 0 A は、アンテナ素子 A 1, A 2 及び微小ループアンテナ A 3 とは電磁的に結合するように近接して形成されている。

5 (2) 浮遊導体 3 0 A は、例えば、機械的な接点スイッチ又は高周波半導体ダイオードにてなるスイッチ S W 2 を介して接地導体 1 1 などに接続されて接地される。

本実施形態によれば、2つの浮遊導体 1 1 A, 3 0 A が設けられ、各浮遊導体 1 1 A, 3 0 のうち少なくとも1つを接地するように、スイッチ S W 1, S W 2 をそれぞれオン・オフすることにより、送受信される無線信号の電波の指向特性
10 や偏波面を切り換えることができる。例えば、スイッチ S W 1 をオンすることにより、図 7 の金属板 3 0 の近接時に示すように Y 方向の水平偏波成分が支配的になり、金属板 3 0 の離隔時において水平偏波成分 (Y 方向) の X 方向への放射が支配的になる。また、スイッチ S W 2 をオンすることにより、接地導体となる浮遊導体 3 0 A が反射板となり、水平偏波成分 (X 方向) の Y 方向への放射が増大
15 することになる。従って、金属板 3 0 の離隔時においては、2つの浮遊導体 1 1 A, 3 0 A は互いに直交しているので、主ビーム方向を 9 0 度程度変化させることが可能である。

以上の実施形態において、浮遊導体 1 1 A とスイッチ S W 1 との第 1 の組の回路と、浮遊導体 3 0 A とスイッチ S W 2 との第 2 の組の回路とをともに備えているが、本発明はこれに限らず、少なくとも一方の組の回路を備えてもよい。
20

第 7 の実施形態

図 3 0 は、本発明の第 7 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 7 の構成を示す斜視図である。図 3 0 において、第 7 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 7 は、図 2 の第 2 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 2 に比較して以下の点が異なる。

25 (1) アンテナ素子 A 1, A 2 及び微小ループアンテナ A 3 をそれぞれ誘電体基板 1 0 上に、プリント配線法を用いて、銅箔のストリップ導体を形成することにより構成した。なお、これらアンテナ素子 A 1, A 2 及び微小ループアンテナ A 3 が形成されている誘電体基板 1 0 の奥側縁端部の裏面において接地導体 1 1 は

形成されていない。

(2) 微小ループアンテナA3の接地側近傍の端部において、誘電体基板10を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することによりスルーホール導体16を形成し、微小ループアンテナA3の接地側近傍の端部はスルーホール導体16を介して、誘電体基板10の裏面に形成されたストリップ導体16sに接続される。スルーホール導体16近傍であって、スルーホール導体16から微小ループアンテナA3のストリップ導体を挟設した位置において、誘電体基板10を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することによりスルーホール導体17を形成し、ストリップ導体16sは当該スルーホール導体17を介してアンテナ素子A2のストリップ導体の一端に接続される。

(3) キャパシタC1を、アンテナ素子A1の実質的な中央点Q0に接続しており、その作用効果については、図32乃至図34を参照して詳細後述する。

本実施形態では、ストリップ導体を用いてアンテナ素子A1、A2及び微小ループアンテナA3を形成しているので、プリント配線法を用いて高い寸法精度で製作することが可能であり、図26の第4の実施形態に係るアンテナ装置104と同様の効果を有するが、アンテナ装置としての基本動作は図2の第2の実施形態に係るアンテナ装置102と同様である。

第8の実施形態

図31は、本発明の第8の実施形態に係るアンテナ装置108の構成を示す斜視図である。図31において、第8の実施形態に係るアンテナ装置108は、図1の第1の実施形態に係るアンテナ装置101に比較して、キャパシタC1をアンテナ素子A1の実質的な中央点Q0に接続したことを特徴としている。以下において、キャパシタC1のアンテナ素子A1上の最適な挿入位置について説明する。

図32は、図31のアンテナ装置108において、キャパシタC1をアンテナ素子A1の中央位置Q0に接続したときの、金属板30からアンテナ装置108までの距離Dに対するアンテナ利得を示すグラフである。図33は、図31のアンテナ装置108において、キャパシタC1をアンテナ素子A1の給電点Q側端

部Q1に接続したときの、金属板30からアンテナ装置108までの距離Dに対するアンテナ利得を示すグラフである。図34は、図31のアンテナ装置108において、キャパシタC1をアンテナ素子A1のループアンテナA3側端部Q2に接続したときの、金属板30からアンテナ装置108までの距離Dに対するアンテナ利得を示すグラフである。

図32から明らかなように、キャパシタC1をアンテナ素子A1の中央点Q0に接続したときに、金属板30が離れているときは、アンテナ素子08はモノポールアンテナに類似した放射特性を有し、金属板30が接近すると一般的な磁流アンテナのループアンテナに類似した放射特性を有するため、金属板30の距離Dに依らず良好なアンテナ利得特性を得ることができる。また、図33に示すように、キャパシタC1を給電点Q近傍に接続したときは、水平偏波成分が比較的小さくなるため、特に金属板30が接近したときにアンテナ利得の低下が生じてしまう。さらに、図34に示すように、キャパシタC1を微小ループアンテナA3側の一端に接続したときは、垂直偏波成分が比較的小さくなり、金属板30から離れているときアンテナ利得の低下が生じてしまう。従って、キャパシタC1をアンテナ素子A1の実質的な中央点Q0付近に挿入接続することにより、金属板30の位置に依らず常に良好なアンテナ利得を保持することができる。

以上の実施形態においては、キャパシタC1をアンテナ素子A1の中央点Q0、その両端部Q1、Q2に挿入接続しているが、本発明はこれに限らず、アンテナ素子A1の任意の途中の位置に挿入してもよい。また、キャパシタC1を、アンテナ素子A2又は微小ループアンテナA3の任意の位置に挿入接続してもよい。さらに、キャパシタC1を複数のキャパシタで分散し、分散した複数のキャパシタを、アンテナ素子A1、A2及び微小ループアンテナA3のうちの少なくとも1つの任意の複数の位置に分散して挿入接続してもよい。

第4の実施形態の変形例

図35は、本発明の第4の実施形態の第1の変形例に係るアンテナ装置104Aの構成を示す斜視図である。図35において、第4の実施形態の第1の変形例に係るアンテナ装置104Aは、図26の第4の実施形態に係るアンテナ装置1

04に比較して、図26のキャパシタC1に代えて、直列に接続した2個のキャパシタC1-1, C1-2をアンテナ素子A1に接続したことを特徴としている。これにより、以下に示すように、アンテナ装置104Aの共振周波数の製造ばらつきを小さくすることができる。

- 5 本実施形態に係るアンテナ装置104Aでは、例えば1 p Fである比較的小さな容量のキャパシタC1-1, C1-2を用いている。容量が0.5 p F~10 p Fである市販の高精度セラミック積層チップコンデンサでは、容量誤差が割合ではなく絶対値で規定されている。例えば1 p Fのコンデンサでは、±0.1 p Fの誤差を持っている。これは容量ばらつきが±10%に相当する。ここで
- 10 容量が10%ばらつくアンテナ装置104Aの共振周波数は、±4.9%ばらつく。本実施形態に係るアンテナ装置104Aで、VSWR<2が得られる比帯域幅は10%程度であるため、製造余裕がほとんどなくなってしまう。そこで、本実施形態では、例えば2 p FのキャパシタC1-1, C1-2を2個直列に接続して合成容量1 p Fを得ている。2 p FのキャパシタC1-1, C1-2の容量誤差は±0.1 p Fであるため、合成容量の誤差は±5%となり、共振周波
- 15 数は±2.5%のばらつきに抑えられる。これにより製造時に共振周波数の調整を行わなくても製品歩留まりを向上することができる。

 以上の実施形態においては、2個のキャパシタC1-1, C1-2を直接に接続しているが、本発明はこれに限らず、複数個のキャパシタを直列に接続しても

20 よい。

- 図36は、本発明の第4の実施形態の第2の変形例に係るアンテナ装置104Bの構成を示す斜視図である。図36において、第4の実施形態の第1の変形例に係るアンテナ装置104Bは、図26の第4の実施形態に係るアンテナ装置104に比較して、図26のキャパシタC1に代えて、直列に接続した2個のキャ
- 25 パシタC1-1, C1-2と、直列に接続した2個のキャパシタC1-3, C1-4とを並列に接続し、この並列素子回路をアンテナ素子A1に接続したことを特徴としている。これにより、以下に示すように、アンテナ装置104Bの共振周波数の製造ばらつきを小さくし、キャパシタによる高周波信号の損失を低減す

ることができる。

2つのキャパシタを直列に接続した場合、キャパシタ部品の高周波抵抗成分が直列に接続された形となるため、損失が増大しアンテナ利得が低下する場合がある。そこで、本実施形態では、例えば1 p FのキャパシタC 1-1乃至C 1-4を4個用い、2個ずつ直列に接続したものを2組並列に接続する構成をとっている。ここで、仮に各キャパシタC 1-1乃至C 1-4の高周波抵抗成分を1 Ωとすると、キャパシタを2個直列に接続したときの合成抵抗は2 Ωであるが、上記のようにキャパシタを4個接続したときの合成抵抗は1 Ωとなる。従って、キャパシタを2個直列に接続したときの半分の損失になる。

次いで、容量誤差について考える。例えば容量2 p F ± 0.1 p Fのキャパシタを2個直列とすると、容量ばらつきは± 5 %である。一方、容量1 p F ± 0.1 p Fのキャパシタを上記のような構成で4個接続すると容量ばらつきは± 10 %となり2個直列の場合よりも一見悪化しているように思われる。しかしながら、実際には各キャパシタC 1-1乃至C 1-4のばらつきの分布は中央値を中心とした正規分布に類似した分布を示し、互いに相関がないため、キャパシタを4個で構成したときにはばらつき幅がほぼ± 5 %以内に収まり、キャパシタ2個で構成した場合とほぼ同じばらつき幅となる。すなわち、キャパシタ4個構成では容量ばらつきを2個構成とほぼ同等に抑えながら、損失成分を半分に抑えることができる。

以上の実施形態においては、キャパシタを2個ずつ直列に接続したものを2組並列に接続しているが、本発明はこれに限らず、キャパシタを複数個直列に接続したものを複数組並列に接続してもよい。

第9の実施形態

図37は、本発明の第9の実施形態に係るアンテナ装置109の構成を示す斜視図である。図37において、第9の実施形態に係るアンテナ装置109は、図30の第7の実施形態に係るアンテナ装置107と比較して、アンテナ素子A2の接地側の一端において周波数切り換え回路51を接続したことを特徴としており、当該周波数切り換え回路51の詳細については、図41乃至図44を参照し

て詳細後述する。

第10の実施形態

図38は、本発明の第10の実施形態に係るアンテナ装置110の構成を示す斜視図である。図38において、第10の実施形態に係るアンテナ装置110は、
5 図30の第7の実施形態に係るアンテナ装置107に比較して、アンテナ素子A2の接地側の一端及びアンテナ素子A2の実質的な中央点A2mに、周波数切り換え回路52を接続したことを特徴としており、当該周波数切り換え回路52の詳細については、図45乃至図50を参照して詳細後述する。

第11の実施形態

10 図39は、本発明の第11の実施形態に係るアンテナ装置111の構成を示す斜視図である。図39において、第11の実施形態に係るアンテナ装置111は、図26の第4の実施形態に係るアンテナ装置104に比較して、アンテナ素子A2の接地側の一端において周波数切り換え回路51を接続したことを特徴としており、当該周波数切り換え回路51の詳細については、図41乃至図44を参照
15 して詳細後述する。

第12の実施形態

図40は、本発明の第12の実施形態に係るアンテナ装置112の構成を示す斜視図である。図40において、第12の実施形態に係るアンテナ装置112は、
20 図26の第4の実施形態に係るアンテナ装置104に比較して、アンテナ素子A2の接地側の一端及びアンテナ素子A2の実質的な中央点A2mに、周波数切り換え回路52を接続したことを特徴としており、当該周波数切り換え回路52の詳細については、図45乃至図50を参照して詳細後述する。

周波数切り換え回路の実施例

図41は、図37及び図39のアンテナ装置109, 111の周波数切り換え回路51の第1の実施例51-1の電気回路を示す回路図である。図41において、アンテナ素子A2の接地側の一端は、キャパシタC3を介して接地されるとともに、スイッチSW3を介して接地される。ここで、アンテナ素子A1に接続されるキャパシタC1の容量を例えば約10pFとし、キャパシタC3の容量を

例えば約 1 pF としたとき、スイッチ SW3 をオフとしたときのキャパシタ C1, C3 の合成容量は、キャパシタ C3 の容量より小さい。そのため、スイッチ SW3 をオンとしたときに、アンテナ装置の共振周波数が例えば約 5% 低下させることができる。すなわち、スイッチ SW3 をオン・オフすることにより、アンテナ装置の共振周波数を選択的に切り換えることができる。

図 4 2 は、図 3 7 及び図 3 9 のアンテナ装置 109, 111 の周波数切り換え回路 51 の第 2 の実施例 51-2 の電気回路を示す回路図である。図 4 2 においては、図 4 1 のキャパシタ C3 に代えてインダクタ L1 を用いており、図 4 1 及び図 4 2 のいずれの場合においてもリアクタンス素子を挿入している。本実施例では、スイッチ SW3 をオンすることによりインダクタ L1 を短絡することにより、アンテナ装置のインダクタンス値が小さくなり、共振周波数を上げることができる。例えば、インダクタ L1 のインダクタンス値を、微小ループアンテナ A3 のインダクタンス値の 10% に設定した場合、スイッチ SW3 の切り替えにより、共振周波数をおよそ 5% だけ可変できる。

図 4 3 は、図 3 7 及び図 3 9 のアンテナ装置 109, 111 の周波数切り換え回路 51 の第 3 の実施例 51-3 の電気回路を示す回路図である。図 4 3 においては、図 4 1 の回路において、スイッチ SW3 と並列にインダクタ L2 を接続したことを特徴としている。ここで、インダクタ L2 のインダクタンス値は、スイッチ SW3 がオフのときであって、スイッチ SW3 を高周波半導体ダイオードで構成したときのその寄生容量を並列共振でキャンセルするように設定することが好ましい。本実施例では、スイッチ SW3 の寄生容量は例えば約 2 pF であり、インダクタ L2 のインダクタンス値として約 68 nH を用いる。これにより、例えば 429 MHz 帯において、スイッチ SW3 の寄生容量の影響をキャンセルすることができる。これにより、スイッチ SW3 がオフのときに、その寄生容量のために共振周波数が設計値よりずれてしまう問題点を解決できる。

図 4 4 は、図 3 7 及び図 3 9 のアンテナ装置 109, 111 の周波数切り換え回路 51 の第 4 の実施例 51-4 の電気回路を示す回路図である。図 4 4 では、図 4 2 の回路にインダクタ L2 を追加したことを特徴としており、上述の第 3 の

実施例 5 1－3 と同様の作用効果を有する。

図 4 5 は、図 3 8 及び図 4 0 のアンテナ装置 1 1 0, 1 1 2 の周波数切り換え回路 5 2 の第 1 の実施例 5 2－1 の電気回路を示す回路図である。図 4 5 において、アンテナ素子 A 2 の一端は接地され、アンテナ素子 A 2 の実質的な中央点 A 2 m は、キャパシタ C 4 及びスイッチ SW 4 を介して接地される。ここで、アンテナ素子 A 2 は高周波的なインダクタンス成分を含む。スイッチ SW 4 をオンすると、アンテナ装置の共振周波数が変化するが、キャパシタ C 4 の容量によって周波数変化の方向が異なる。

本発明者らが試作したアンテナ装置では、キャパシタ C 1 の容量を約 1 p F とし、キャパシタ C 4 の容量を約 1 0 p F とした場合、4 2 9 M H z と 4 2 6 M H z に共振周波数を切り換えている。ここで、スイッチ SW 4 をオンすると共振周波数が高くなる。これは、キャパシタ C 4 によりアンテナ素子 A 2 の中央点 A 2 m が短絡接地された形になり、微小ループアンテナ A 3 のインダクタンス値が実質的に小さくなるためである。

ここで、アンテナ素子 A 2 での接続点 A 2 m の位置及びキャパシタ C 4 の容量値を適当に選択することによりスイッチ SW 4 をオンしたときの共振周波数の変化量を調整することができる。すなわち、アンテナ素子 A 2 での接続点 A 2 m を微小ループアンテナ A 3 から離れた位置（すなわち、接地に近い位置）に配置すると当該アンテナ装置のインダクタンス成分が大きくなり、スイッチ SW 4 をオンしたときの共振周波数変化が大きい。また、キャパシタ C 4 の容量値を大きくすると、スイッチ SW 4 をオンしたときの共振周波数変化が大きい。

図 4 6 は、図 3 8 及び図 4 0 のアンテナ装置 1 1 0, 1 1 2 の周波数切り換え回路 5 2 の第 2 の実施例 5 2－2 の電気回路を示す回路図である。図 4 6 において、図 4 5 のキャパシタ C 4 に代えて、インダクタ L 2 を接続したことを特徴としており、図 4 5 及び図 4 6 のいずれの場合もリアクタンス素子を挿入している。本実施例において、アンテナ素子 A 2 は高周波的なインダクタンス成分を含み、スイッチ SW 4 をオンすると、共振周波数が高くなる場合を示している。これは、アンテナ素子 A 2 のインダクタンス成分に並列に、インダクタ L 2 が接続さ

れており、スイッチSW4がオフのときの上記インダクタンス成分に比べて、オンしたときのインダクタ成分とインダクタL2との合成インダクタンス値は小さくなるためである。そして、例えば上記インダクタ成分のインダクタンス値に比べて、インダクタL2のインダクタンス値を10倍程度に選べば、共振周波数を
5 少しだけ変化させることが可能になる。

図47は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え回路52の第3の実施例52-3の電気回路を示す回路図である。図47においては、図45の回路のアンテナ素子A2の接地側一端をキャパシタC5を介して接地したことを特徴としている。本実施例では、スイッチSW4のオフ時の共振周波数は、アンテナ素子A1、A2の各インダクタンス値と、キャパシタC1及びC5の各容量値、並びに微小ループアンテナA3のインダクタンス値により決
10 まるが、スイッチSW4のオン時の共振周波数は、これらに加えてキャパシタC4の容量値で決まる。ここで、スイッチSW4をオン・オフすることにより、アンテナ装置の共振周波数を変化させることができる。

図48は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え回路52の第4の実施例52-4の電気回路を示す回路図である。図48においては、図46の回路のアンテナ素子A2の接地側一端をインダクタL3を介して接地したことを特徴としており、図47及び図48のいずれの場合もリアクタンス素子を挿入している。本実施例では、スイッチSW4のオフ時の共振周波数は、
15 アンテナ素子A1、A2の各インダクタンス値と、キャパシタC1の容量値、インダクタL3のインダクタンス値、並びに微小ループアンテナA3のインダクタンス値により決まるが、スイッチSW4のオン時の共振周波数は、これらに加えてキャパシタC4の容量値で決まる。ここで、スイッチSW4をオン・オフすることにより、アンテナ装置の共振周波数を変化させることができる。

図49は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え回路52の第5の実施例52-5の電気回路を示す回路図である。図49においては、図47の回路のスイッチSW4と並列にインダクタL2を接続したことを特徴としている。ここで、インダクタL2のインダクタンス値は、スイッチSW
25

4がオフのときであって、スイッチSW4を高周波半導体ダイオードで構成した
ときのその寄生容量を並列共振でキャンセルするように設定することが好ましい。
本実施例では、スイッチSW4の寄生容量は例えば約2 pFであり、インダクタ
L2のインダクタンス値として約68 nHを用いる。これにより、例えば429
5 MHz帯において、スイッチSW4の寄生容量の影響を実質的にキャンセルする
ことができる。これにより、スイッチSW4がオフのときに、その寄生容量のた
めに共振周波数が設計値よりずれてしまう問題点を解決できる。

図50は、図38及び図40のアンテナ装置110、112の周波数切り換え
回路52の第6の実施例52-6の電気回路を示す回路図である。図50におい
10 ては、図48の回路のスイッチSW4と並列にインダクタL2を接続したことを
特徴としている。これにより、図49の実施例と同様に、スイッチSW4のオフ
時の寄生容量の影響を実質的にキャンセルできる。

なお、図45及び図46の回路においても、スイッチSW4に対して並列に、
スイッチSW4のオフ時の寄生容量の影響をキャンセルするためのインダクタL
15 2を接続してもよい。

以上の実施形態における周波数切り換え回路51、52を使用する周波数帯域
の拡大の目的で用いたが、共振周波数ばらつきが多い場合に、共振周波数を所望
の周波数に合わせるための、周波数調整の目的で用いてもよい。

以上の実施形態において、周波数切り換え回路51を、アンテナ素子A2と接
20 地との間に挿入しているが、本発明はこれに限らず、微小ループアンテナA3と
アンテナ素子A1、A2の少なくとも1つに接続し、追加挿入したリアクタンス
素子を並列に短絡するスイッチSW3を接続すればよい。

以上の実施形態において、周波数切り換え回路52で各リアクタンス素子を接
続する点は、アンテナ素子A2の中央点A2m又はアンテナ素子A2の接地側端
25 部であるが、本発明はこれに限らず、微小ループアンテナA3とアンテナ素子A
1、A2の少なくとも1つに接続し、追加挿入したリアクタンス素子を接地短絡
するスイッチSW4を接続すればよい。

第13の実施形態

図51は、本発明の第13の実施形態に係るアンテナ装置113の構成を示す斜視図である。第13の実施形態に係るアンテナ装置113は、図26の第4の実施形態に係るアンテナ装置104に比較して以下の点が異なる。

(1) 誘電体基板10の左奥側のおもて面上に、プリント配線法を用いて、アンテナ素子A1、A2とは直交するように、それぞれ実質的に直線形状の銅箔のストリップ導体にてなるアンテナ素子A1a、A2aを形成した。なお、アンテナ素子A1a、A2aが形成されている誘電体基板10の左奥側部の裏面において接地導体11は形成されていない。また、アンテナ素子A2aの接地側端部は、誘電体基板10を厚さ方向に貫通するスルーホールに充填されたスルーホール導体13aを介して接地導体11に接続されて接地される。

(2) 誘電体基板10の長手方向の左奥側部において、誘電体基板10及び14に対して垂直であって誘電体基板14と実質的に同一の幅を有する誘電体基板14aを立設した。ここで、誘電体基板14aの幅方向は、誘電体基板10の長手方向と平行である。

(3) 微小ループアンテナA3aを上記誘電体基板14a上に、プリント配線法を用いて、銅箔のストリップ導体を形成することにより構成した。なお、微小ループアンテナA3aの接地側近傍の端部において、誘電体基板14aを厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することによりスルーホール導体15aを形成し、微小ループアンテナA3aの接地側近傍の端部はスルーホール導体15a、並びに、誘電体基板14aの裏面に形成されたストリップ導体15asを介してアンテナ素子A2aに接続される。

(4) キャパシタC1aは、給電点Q近傍ではなく、好ましくは、図51に示すように、アンテナ素子A1aの概略中央点に接続される。

(5) アンテナ素子A1の給電点Q側端部はスイッチSW5の接点a及びスイッチSW6の接点bに接続され、アンテナ素子A1aの給電点Q側端部は、スイッチSW5の接点b及びスイッチSW6の接点aに接続される。スイッチSW5の共通端子は給電点Qに接続され、スイッチSW6の共通端子は接地される。これらスイッチSW5及びSW6は連動して例えば無線通信回路20内のコントロー

ラ 2 4 (図 1 参照) により制御される。

以上のように構成されたアンテナ装置 1 1 3 において、互いにループ軸方向が直交する微小ループアンテナ A 3 及び A 3 a と、互いに直交するアンテナ素子 A 1, A 2 及び A 1 a, A 2 a とをそれぞれ有する 2 つのアンテナ 1 1 3 A、1 1 3 B を備えており、コントローラ 2 4 (図 1 参照) により、例えばアンテナ 1 1 3 A により受信される無線信号のレベルがアンテナ 1 1 3 B により受信される無線信号のレベルよりも大きいとき、スイッチ SW 5 を接点 a 側に切り換えるとともにスイッチ SW 6 を接点 b 側に切り換える一方、その逆の場合は、スイッチ SW 5 を接点 b 側に切り換えるとともに、スイッチ SW 6 を接点 a 側に切り換える。これにより、より大きな受信レベルを有するアンテナを選択して無線通信回路 2 0 に接続し (当該アンテナを使用中のアンテナという。)、かつ無線通信回路 2 0 に接続していない未使用のアンテナを接地している。ここで、未使用のアンテナを接地することにより当該未使用のアンテナの影響で使用中のアンテナの動作特性に対して劣化させることを防止できる。

これら 2 つのアンテナ 1 1 3 A, 1 1 3 B は互いに直交する指向特性及び偏波特性を有しているので、ルートダイバーシチ効果及び偏波ダイバーシチ効果を得ることができる。例えば、家庭内のように壁等が多い環境においては、マルチパスにより複数の方向より受信があるため指向特性を切り換えることによりルートダイバーシチ効果が得られる。また、金属板 3 0 に接近している場合には、互いに直交する偏波特性を有する 2 つのアンテナ 1 1 3 A, 1 1 3 B を用いて、偏波ダイバーシチ効果を得ることができる。さらに、金属板 3 0 からの距離 D によって指向特性及び偏波面が変化するが、各アンテナ 1 1 3 A, 1 1 3 B の指向特性や偏波面が互いに直交するように変化するため、ダイバーシチ効果を常に保持することができる。

以上の実施形態においては、2 個のアンテナ 1 1 3 A, 1 1 3 B を備えてアンテナ装置 1 1 3 を構成しているが、複数個の同様のアンテナを備えて、スイッチ SW 5 を用いて選択的に切り換えてもよい。

第 1 4 の実施形態

図52は、本発明の第14の実施形態に係るアンテナ装置114の構成を示す平面図である。第14の実施形態に係るアンテナ装置114は、図30の第7の実施形態に係るアンテナ装置107と比較して以下の点が異なる。

(1) 誘電体基板10の左側のおもて面上に、プリント配線法を用いて、アンテナ素子A1、A2とは直交するように、それぞれ実質的に直線形状の銅箔のストリップ導体にてなるアンテナ素子A1a、A2aを形成した。なお、アンテナ素子A1a、A2aが形成されている誘電体基板10の左側部の裏面において接地導体11は形成されていない。また、アンテナ素子A2aの接地側端部は、誘電体基板10を厚さ方向に貫通するスルーホールに充填されたスルーホール導体13aを介して接地導体11に接続されて接地される。

(2) 微小ループアンテナA3aを上記誘電体基板10の左側縁端部のおもて面上に、プリント配線法を用いて、銅箔のストリップ導体を形成することにより構成した。なお、微小ループアンテナA3aの接地側近傍の端部において、誘電体基板10を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することによりスルーホール導体16aを形成し、また、スルーホール導体16aの近傍であって、スルーホール導体16aから微小ループアンテナA4aのストリップ導体を挟設した位置に、誘電体基板10を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することによりスルーホール導体17aを形成した。ここで、微小ループアンテナA3aの接地側近傍の端部は、スルーホール導体16a、誘電体基板10の裏面に形成されたストリップ導体16as、スルーホール導体17aを介してアンテナ素子A2aに接続される。

(3) キャパシタC1aは、給電点Q近傍ではなく、好ましくは、図52に示すように、アンテナ素子A1aの概略中央点に接続される。

(4) アンテナ素子A1の給電点Q側端部はスイッチSW5の接点aに接続され、アンテナ素子A1aの給電点Q側端部は、スイッチSW5の接点bに接続される。スイッチSW5の共通端子は給電点Qに接続される。

以上のように構成されたアンテナ装置114において、互いにループ軸方向が平行な微小ループアンテナA3及びA3aと、互いに直交するアンテナ素子A1、

A 2 及び A 1 a , A 2 a とをそれぞれ有する 2 つのアンテナ 1 1 4 A、1 1 4 B を備えており、例えば無線通信回路 2 0 内のコントローラ 2 4 (図 1 参照) により制御されるスイッチ S W 5 により、例えばアンテナ 1 1 4 A により受信される無線信号のレベルがアンテナ 1 1 4 B により受信される無線信号のレベルよりも
5 大きいとき、スイッチ S W 5 を接点 a 側に切り換える一方、その逆の場合は、スイッチ S W 5 を接点 b 側に切り換える。これら 2 つのアンテナ 1 1 4 A、1 1 4 B は互いに異なる指向特性及び偏波特性を有しているので、ルートダイバーシチ効果及び偏波ダイバーシチ効果を得ることができる。

本実施形態においては、特に、誘電体基板 1 0 に金属板 3 0 が近接した場合に
10 はアンテナ利得が低下するが、1 枚の誘電体基板 1 0 上に、2 つのアンテナ 1 1 4 A、1 1 4 B を備えたダイバーシチアンテナを構成できるため、アンテナ装置 1 1 4 を備えた無線通信装置の薄型化、小型化に有利な構成を有する。携帯無線通信装置への適用、もしくは金属板 3 0 が対向して配置されない無線通信装置への適用に向いている。

15 以上の実施形態においては、2 個のアンテナ 1 1 4 A、1 1 4 B を備えてアンテナ装置 1 1 4 を構成しているが、複数個の同様のアンテナを備えて、スイッチ S W 5 を用いて選択的に切り換えてもよい。

第 1 5 の実施形態

図 5 3 は、本発明の第 1 5 の実施形態に係るアンテナ装置 1 1 5 の構成を示す
20 斜視図である。図 5 4 は、図 5 3 のアンテナ装置 1 1 5 の裏側の構造を示す斜視図である。図 5 5 は、図 5 4 の基板嵌合連結部の詳細を示す斜視図である。

第 1 5 の実施形態に係るアンテナ装置 1 1 5 は、図 2 6 の第 4 の実施形態に係るアンテナ装置 1 0 4 に比較して、誘電体基板 1 4 を誘電体基板 1 0 に立設するとき、誘電体基板 1 4 の下端面に高さ方向に突出するように形成した凸部 6 1、
25 6 2 をそれぞれ、誘電体基板 1 0 の奥側縁端部に形成した穴部 7 1、7 2 に嵌合させる基板嵌合連結部を備えたことを特徴としており、以下これについて詳述する。

図 5 3 及び図 5 4 において、誘電体基板 1 0 の奥側縁端部には、誘電体基板 1

0を厚さ方向に貫通する矩形の穴部71, 72が形成される一方、誘電体基板14の下端面には、上記穴部71, 72にそれぞれ嵌合する矩形柱形状の凸部61, 62が形成される。

ここで、誘電体基板10の穴部71の近傍位置までアンテナ素子A1のストリップ導体が延在して形成され、当該穴部71の近傍位置において、誘電体基板10を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することによりスルーホール導体73を形成し、アンテナ素子A1の端部は当該スルーホール導体73を介して誘電体基板10の裏面の接続導体81に接続される。当該接続導体81は穴部71を間に挟み、誘電体基板10の長手方向での穴部71の両側において形成される。接続導体81において、穴部71を挟むその中央部で所定の面積を有する導体露出部81pのみその導体が露出するように、その他の部分はレジスト（図示せず。）を形成し、各導体露出部81pのみで半田付け可能にしている。

また、誘電体基板10の穴部72の近傍位置までアンテナ素子A2のストリップ導体が延在して形成され、当該穴部72の近傍位置において、誘電体基板10を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することによりスルーホール導体74を形成し、アンテナ素子A2の端部は当該スルーホール導体74を介して誘電体基板10の裏面の接続導体82に接続される。当該接続導体82は穴部72を間に挟み、誘電体基板10の長手方向での穴部72の両側において形成される。接続導体82において、穴部72を挟むその中央部で所定の面積を有する導体露出部82pのみその導体が露出するように、その他の部分はレジスト（図示せず。）を形成し、各導体露出部82pのみで半田付け可能にしている。

一方、誘電体基板14のアンテナ素子A1, A2側の第1の面（なお、第1の面に平行な反対側の面を誘電体基板14の第2の面という。）において、微小ループアンテナA3のストリップ導体15Atが形成され、その一端は、凸部61のアンテナ素子A1, A2側の第1の面（なお、第1の面に平行な反対側の面を凸部61の第2の面という。また、凸部62についても、同様に第1と第2の面を定義する。）に形成された矩形の接続導体63に接続される一方、その他端は、誘電体基板14の厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填することにより

形成されたスルーホール導体 15 A を介して、誘電体基板 14 の第 2 の面に形成された微小ループアンテナ A 3 のストリップ導体 15 A s に接続される。そのストリップ導体 15 A s の端部は、凸部 6 2 の第 2 の面まで延在した後、当該凸部 6 2 の第 2 の面に形成された接続導体 6 4 に接続される。

- 5 さらに、矩形の接続導体 6 3 は凸部 6 1 の第 1 と第 2 の面の両方に形成され、これら両方に形成された接続導体 6 3 は、当該接続導体 6 3 の形成領域において、誘電体基板 14 を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填して形成されたスルーホール導体 6 3 c を介して互いに接続されるとともに、その一部分の中央部で所定の面積を有する導体露出部 6 3 p のみその導体が露出するように、その
10 他の部分はレジスト（図示せず。）を形成し、各導体露出部 6 3 p のみで半田付け可能にしている。また、矩形の接続導体 6 4 は凸部 6 2 の第 1 と第 2 の面の両方に形成され、これら両方に形成された接続導体 6 4 は、当該接続導体 6 4 の形成領域において、誘電体基板 14 を厚さ方向に貫通するスルーホールに導体を充填して形成されたスルーホール導体 6 4 c を介して互いに接続されるとともに、
15 その一部分の中央部で所定の面積を有する導体露出部 6 4 p のみその導体が露出するように、その他の部分はレジスト（図示せず。）を形成し、各導体露出部 6 4 p のみで半田付け可能にしている。

そして、誘電体基板 14 の凸部 6 1, 6 2 をそれぞれ、誘電体基板 10 の穴部 7 1, 7 2 に嵌合させた後、凸部 6 1, 6 2 の導体露出部 6 3 p, 6 4 p をそれぞれ、誘電体基板 10 側の導体露出部 8 1 p, 8 2 p に、例えば半田 8 2 p h
20 （図 5 5 参照）を用いて半田付けにより電氣的に接続する。これにより、誘電体基板 10 と誘電体基板 14 とが固定連結される。

なお、誘電体基板 10, 14 としては、例えば、ガラスエポキシ基板、紙フェノール基板、セラミック基板、テフロン（登録商標）基板など任意の基板材料を用いてもよい。また、2つの誘電体基板 10, 14 で基板材料を変えてもよい。
25 例えば、誘電体基板 10 は微細パターンが形成できるガラスエポキシ基板（FR 4）を用い、誘電体基板 14 は安価な紙フェノール基板などを用いることができる。

以上の実施形態においては、誘電体基板 10、14 は所定の厚さを有し、凸部 61、62 と、穴部 71、72 との間の基板嵌合連結部の構造により、互いに強固に固定することができる。また、凸部 61、62 と穴部 71、72 は誘電体基板 10、14 のデュータ加工法又は型抜き加工法で容易に製作することができ、寸法誤差を小さくできる。そして、アンテナ装置 115 の構成要素をストリップ導体により形成しているので、各電気回路要素値のばらつきを抑えることができるため、アンテナ装置 115 の共振周波数のばらつきを抑えることができ、製造時の周波数調整工程を省略することができる。

さらに、接続導体 63、64、81、82 においてそれぞれその中央部において所定の面積を有する導体露出部 63p、64p、81p、82p を形成して半田付けしている。ここで、接続導体 63、64、81、82 において高周波信号を流したとき、表皮効果により各周辺部に、より大きな高周波電流が流れるが、当該各周辺部を導体露出部とせず、半田付けしない領域とすることにより、半田の付着量によるキャパシタンス及びインダクタンスの変化量を極力小さくする抑えることにより、アンテナ装置の共振周波数のばらつきを抑えることができる。

以上の実施形態においては、2つの凸部 61、62 をそれぞれ、2つの穴部 71、72 に嵌合させているが、本発明はこれに限らず、少なくとも1つの凸部をそれに対応する少なくとも1つの穴部に嵌合させてもよい。

第16の実施形態

図56は、本発明の第16の実施形態に係るアンテナ装置 116 の構成を示す斜視図である。第16の実施形態に係るアンテナ装置 116 は、図53の第15の実施形態に係るアンテナ装置 115 に比較して、基板嵌合連結構造が以下のよう異なることを特徴としている。

図56において、誘電体基板 10 はその長手方向の端面から長手方向で突出する矩形柱形状の凸部 201、202 を有する一方、誘電体基板 14 はその厚さ方向に貫通する矩形の穴部 211、212 を有する。ここで、凸部 201、202 の厚さ方向の両面にそれぞれ、矩形の接続導体 203、204 を形成し、両面の各接続導体 203、204 はそれぞれスルーホール導体 203c、204c によ

り電氣的に接続される。また、両面の各接続導体 203, 204 の端面側の中央部においてそれぞれ、第 15 の実施形態における導体露出部 63p, 64p, 81p, 82p と同様の導体露出部 203p, 204p を形成した。

一方、誘電体基板 14 の一方の面において、微小ループアンテナ A3 のストリップ導体 15As が形成され、その一端は穴部 211 の近傍に形成された接続導体 213 に接続され、その他端は穴部 212 の近傍に形成された接続導体 214 に接続される。ここで、接続導体 213, 214 はそれぞれ穴部 211, 212 を間に挟んで、誘電体基板 14 の高さ方向の両側に形成され、かつ第 15 の実施形態における導体露出部 63p, 64p, 81p, 82p と同様の導体露出部 213p, 214p を有する。

以上の実施形態においては、誘電体基板 10 の凸部 201, 202 をそれぞれ誘電体基板 14 の穴部 211, 212 に挿入して導体露出部 203p, 204p をそれぞれ導体露出部 213p, 214p に半田付けにより接続することにより、誘電体基板 10 を誘電体基板 14 に強固に連結して固定できる。本実施形態に係るアンテナ装置 116 は、第 15 の実施形態に係るアンテナ装置 115 と同様の作用効果を有する。

また、本実施形態によれば、誘電体基板 14 を誘電体基板 10 に挿入する構成としたために、微小ループアンテナ A3 のストリップ導体の形状を、第 15 の実施形態に比較して大きくすることができる。特に、本実施形態に係るアンテナ装置 116 を樹脂ケースなどに格納して使用する場合には樹脂ケースの厚さ方向一杯まで誘電体基板 14 を大きくすることができるという利点がある。

以上の実施形態においては、2つの凸部 201, 202 をそれぞれ、2つの穴部 211, 212 に嵌合させているが、本発明はこれに限らず、少なくとも1つの凸部をそれに対応する少なくとも1つの穴部に嵌合させてもよい。

産業上の利用の可能性

以上説明したように、本発明によれば、導体がアンテナ接近していても離れていても、従来技術の微小ループアンテナに比較して高いアンテナ利得を得ることができるアンテナ装置と、それを用いた無線通信装置を提供することができる。

従って、本発明に係るアンテナ装置を、ページャ、携帯電話機などの移動体無線通信装置や白物家庭電化製品などに内蔵又は装着される無線通信装置のアンテナ装置として幅広く適用できる。また、ガスメータ、電気メータ、水道メータなどに設置される自動検針装置のアンテナ装置としても用いることができる。

請 求 の 範 囲

1. 接地導体を有する誘電体基板と、

上記誘電体基板に電磁的に近接して設けられ、所定の巻き回数Nで巻回されて所定の微小長さを有し、所定の金属板がアンテナ装置に近接したときに磁流アンテナとして動作する一方、上記金属板がアンテナ装置から離隔したときに電流アンテナとして動作する微小ループアンテナと、

上記微小ループアンテナに接続され、電流アンテナとして動作する少なくとも1本のアンテナ素子とを備えたアンテナ装置であって、

上記アンテナ装置の一端は給電点に接続され、上記アンテナ装置の他端は上記誘電体基板の接地導体に接続されたことを特徴とするアンテナ装置。

2. 上記少なくとも1本のアンテナ素子は、上記誘電体基板の面と実質的に平行となるように設けられたことを特徴とする請求項1記載のアンテナ装置。

3. 2本のアンテナ素子を備えたことを特徴とする請求項1又は2記載のアンテナ装置。

4. 上記2本のアンテナ素子はそれぞれ実質的に直線形状であって、互いに平行となるように設けられたことを特徴とする請求項3記載のアンテナ装置。

5. 上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子の少なくとも一方に接続され、上記微小ループアンテナのインダクタンスと直列共振するための少なくとも1個の第1のキャパシタをさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至4のうちのいずれか1つに記載のアンテナ装置。

6. 上記第1のキャパシタは、上記アンテナ素子の実質的な中央点に挿入して接続したことを特徴とする請求項5記載のアンテナ装置。

7. 上記第1のキャパシタは、複数個のキャパシタ素子を直列に接続してなることを特徴とする請求項5又は6記載のアンテナ装置。

8. 上記第1のキャパシタは、複数個のキャパシタ素子を直列に接続してなる複数組の回路を互いに並列に接続したことを特徴とする請求項5又は6記載のアンテナ装置。

9. 上記給電点に接続され、上記アンテナ装置の入力インピーダンスと、上記給

電点に接続される給電ケーブルの特性インピーダンスとを整合させるインピーダンス整合回路をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

5 10. 上記微小ループアンテナは、そのループ軸方向が上記誘電体基板の面と実質的に直交するように設けられたことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

11. 上記微小ループアンテナは、そのループ軸方向が上記誘電体基板の面と実質的に平行となるように設けられたことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

10 12. 上記微小ループアンテナは、そのループ軸方向が上記誘電体基板の面に対して所定の傾斜角で傾斜されるように設けられたことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

13. 上記微小ループアンテナの巻き回数 N は実質的に、 $N = (n - 1) + 0.5$

15 5 (ここで、 n は自然数である。) に設定されたことを特徴とする請求項 1 乃至 12 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

14. 上記微小ループアンテナの巻き回数 N は実質的に、 $N = 1.5$ に設定されたことを特徴とする請求項 13 記載のアンテナ装置。

15. 上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子に電磁的に近接して設けられた少なくとも 1 個の浮遊導体と、

20 上記浮遊導体を上記接地導体と接続し又は接続しないように選択的に切り換えることにより上記アンテナ装置の指向特性又は偏波面を変化させる第 1 のスイッチ手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 14 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置。

16. 互いに実質的に直交するように設けられた 2 個の浮遊導体を備え、

25 上記第 1 のスイッチ手段は、上記各浮遊導体を上記接地導体と接続し又は接続しないように選択的に切り換えることにより上記アンテナ装置の指向特性及び偏波面の少なくとも一方を変化させることを特徴とする請求項 15 記載のアンテナ装置。

17. 上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子の少なくとも一方に接続された第1のリアクタンス素子と、

上記第1のリアクタンス素子を短絡し又は短絡しないように選択的に切り換えることにより上記アンテナ装置の共振周波数を変化させる第2のスイッチ手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至16のうちのいずれか1つに記載のアンテナ装置。

18. 上記第2のスイッチ手段は、そのオフ時に寄生容量を有する高周波半導体素子を含み、

上記寄生容量を実質的にキャンセルするための第1のインダクタをさらに備えたことを特徴とする請求項17記載のアンテナ装置。

19. 上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子の少なくとも一方に接続された一端を有する第2のリアクタンス素子と、

上記第2のリアクタンス素子の他端を接地し又は接地しないように選択的に切り換えることにより上記アンテナ装置の共振周波数を変化させる第3のスイッチ手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項1乃至16のうちのいずれか1つに記載のアンテナ装置。

20. 上記微小ループアンテナ及び上記アンテナ素子の少なくとも一方に接続された第3のリアクタンス素子をさらに備えたことを特徴とする請求項19記載のアンテナ装置。

21. 上記第3のスイッチ手段は、そのオフ時に寄生容量を有する高周波半導体素子を含み、

上記寄生容量を実質的にキャンセルするための第2のインダクタをさらに備えたことを特徴とする請求項19又は20記載のアンテナ装置。

22. 請求項1乃至21のうちのいずれか1つに記載のアンテナ装置を複数個備え、

上記複数個のアンテナ装置により受信された無線信号に基づいて、複数個のアンテナ装置を選択的に切り換えて、選択したアンテナ装置を給電点に接続する第4のスイッチ手段を備えたことを特徴とするアンテナ装置。

23. 上記第4のスイッチ手段は、上記選択しないアンテナ装置を接地することを特徴とする請求項22記載のアンテナ装置。

24. 上記アンテナ素子を、接地導体が形成されていない上記誘電体基板上に形成したことを特徴とする請求項1乃至23のうちのいずれか1つに記載のアンテナ装置。

25. 上記微小ループアンテナを別の誘電体基板上に形成したことを特徴とする請求項24記載のアンテナ装置。

26. 上記別の誘電体基板は少なくとも1つの凸部を有し、

上記誘電体基板は上記誘電体基板の少なくとも1つの凸部と嵌合する少なくとも1つの穴部を有し、

上記別の誘電体基板の少なくとも1つの凸部を上記誘電体基板の少なくとも1つの穴部に嵌合させることにより、上記別の誘電体基板を上記誘電体基板に連結したことを特徴とする請求項25記載のアンテナ装置。

27. 上記誘電体基板は少なくとも1つの凸部を有し、

上記別の誘電体基板は上記誘電体基板の少なくとも1つの凸部と挿入して嵌合する少なくとも1つの穴部を有し、

上記誘電体基板の少なくとも1つの凸部を上記別の誘電体基板の少なくとも1つの穴部に挿入して嵌合させることにより、上記誘電体基板を上記別の誘電体基板に連結したことを特徴とする請求項25記載のアンテナ装置。

28. 上記誘電体基板上に形成され、上記アンテナ素子に接続された第1の接続導体と、

上記別の誘電体基板上に形成され、上記微小ループアンテナに接続された第2の接続導体とをさらに備え、

上記誘電体基板と上記別の誘電体基板とを連結したとき、上記第1の接続導体と上記第2の接続導体とを電氣的に接続したことを特徴とする請求項26又は27記載のアンテナ装置。

29. 上記第1の接続導体は、その一部分であって所定の第1の面積を有し、上記第2の接続導体との接続のための半田付けを行う第1の導体露出部を備え、

上記第 2 の接続導体は、その一部分であって所定の第 2 の面積を有し、上記第 1 の接続導体との接続のための半田付けを行う第 2 の導体露出部を備えたことを特徴とする請求項 28 記載のアンテナ装置。

30. 請求項 1 乃至 29 のうちのいずれか 1 つに記載のアンテナ装置と、

- 5 上記アンテナ装置に接続された無線通信回路とを備えたことを特徴とする無線通信装置。

図 1

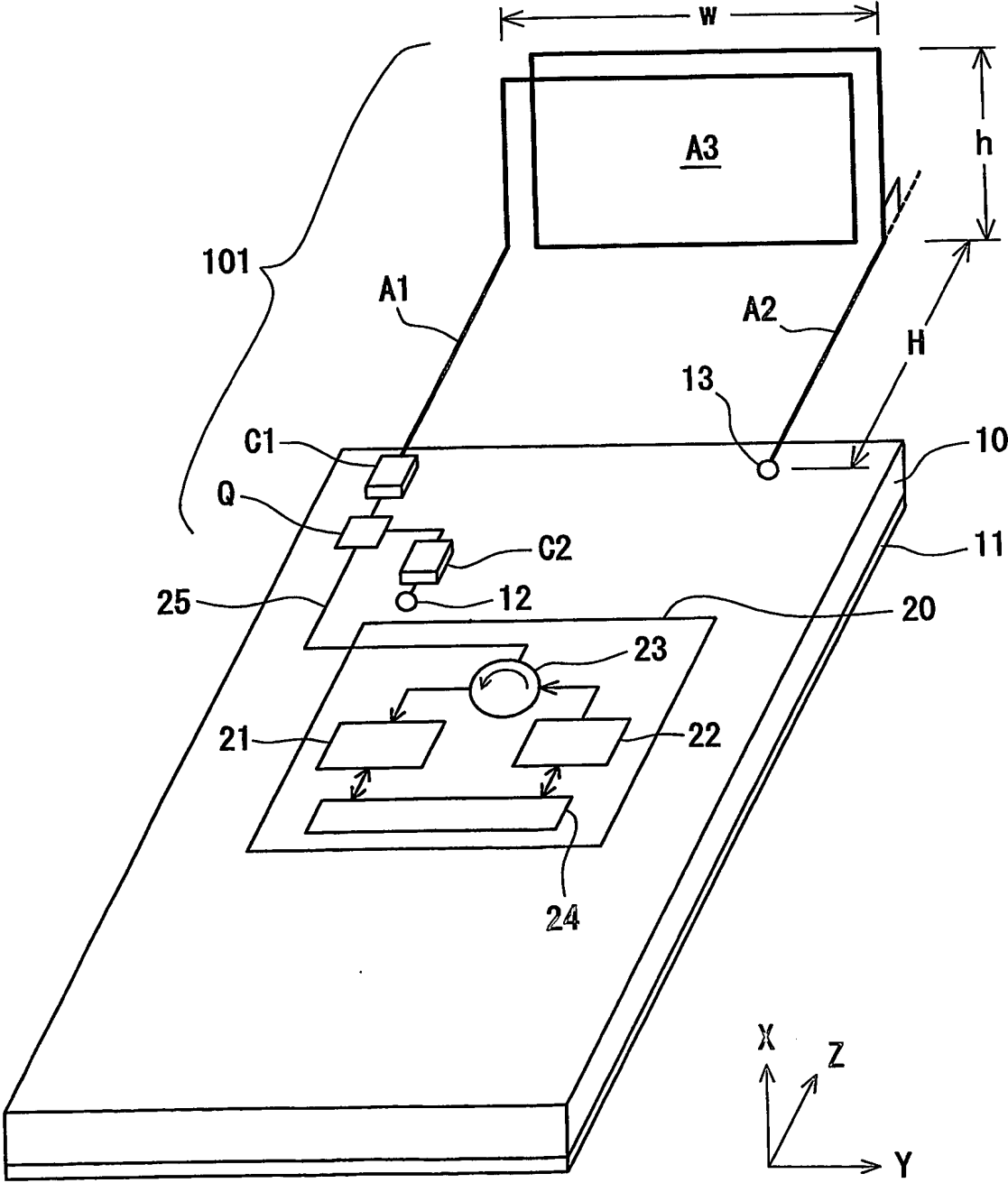


図 2

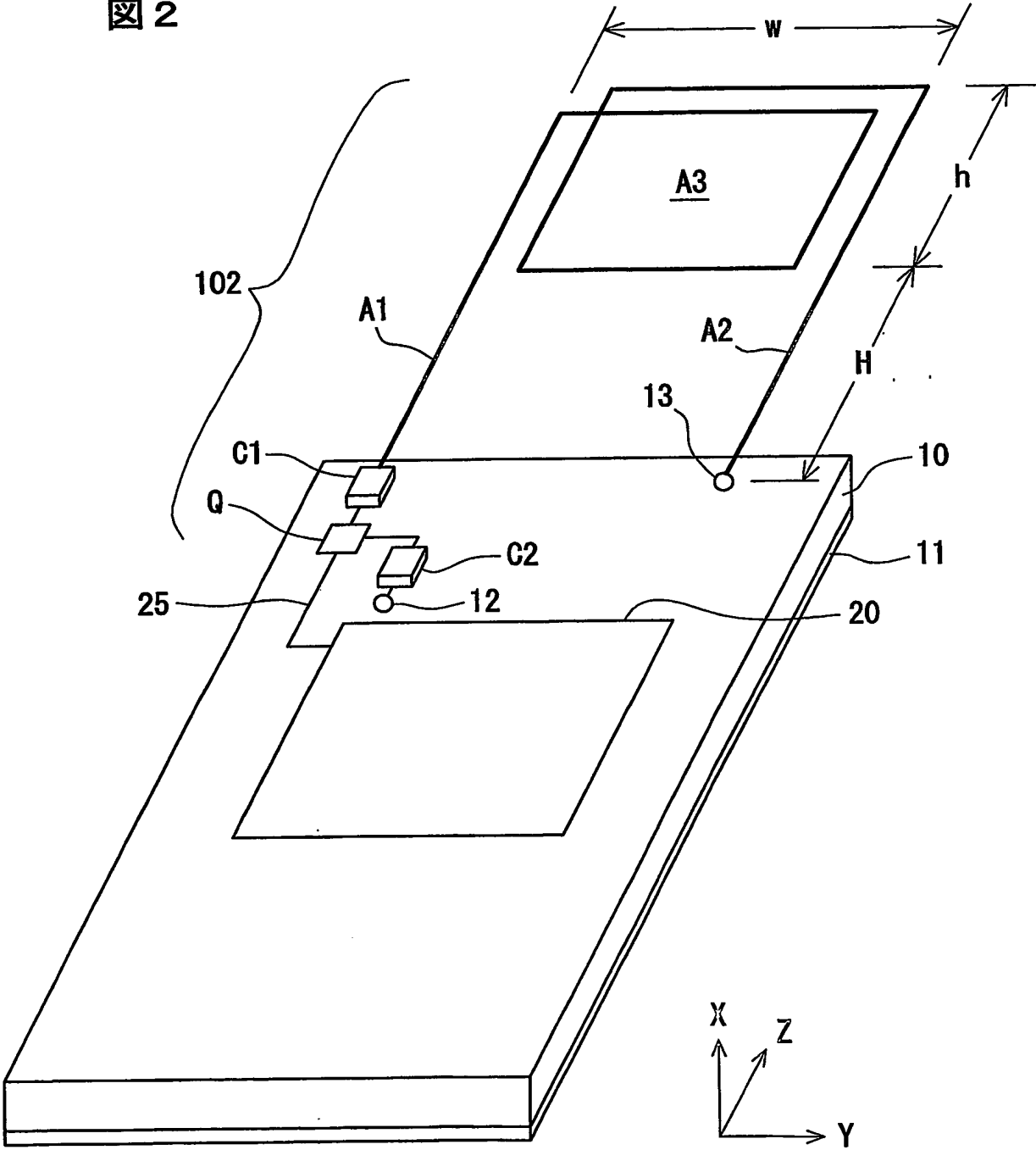


图 3

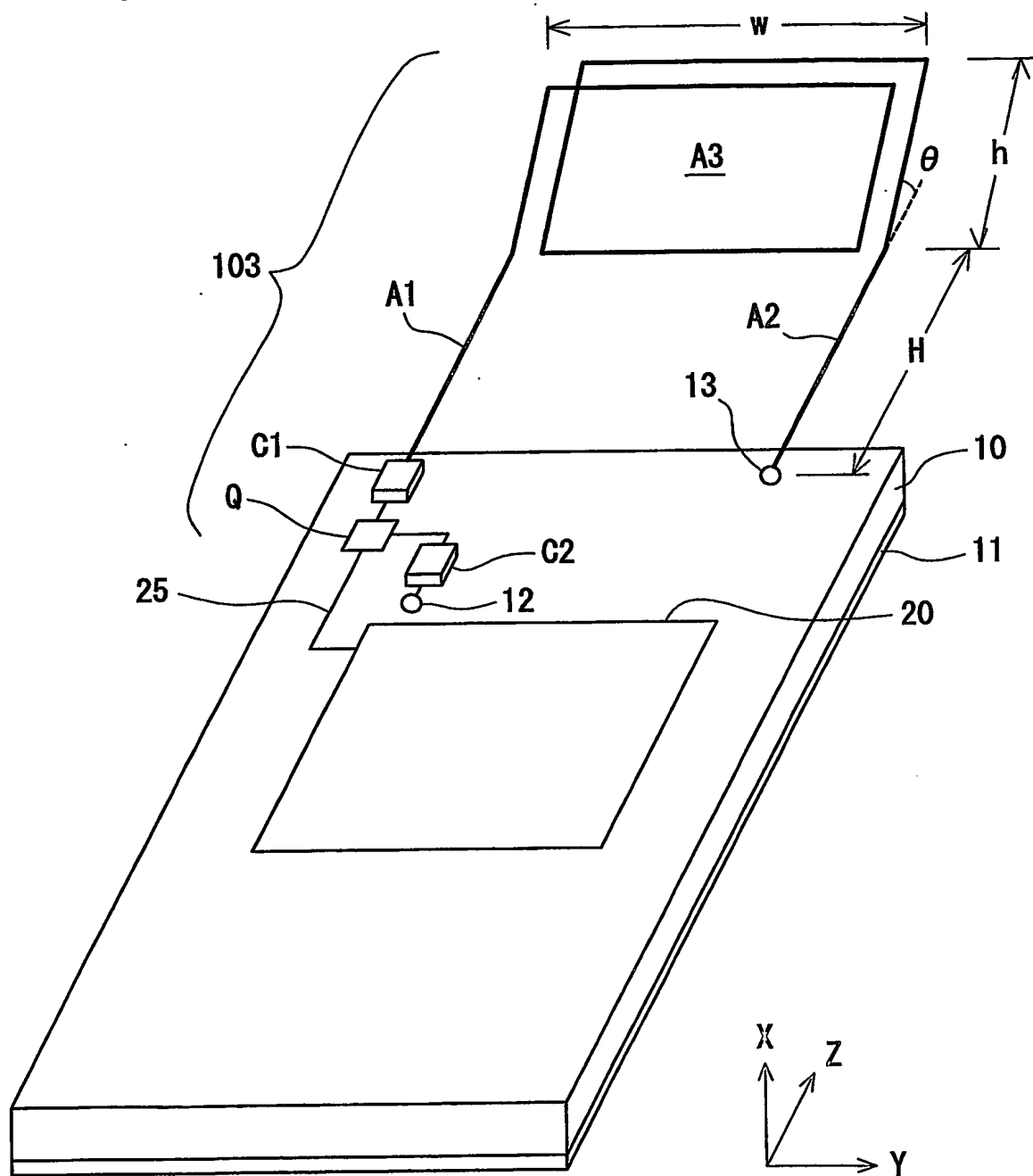


図 4

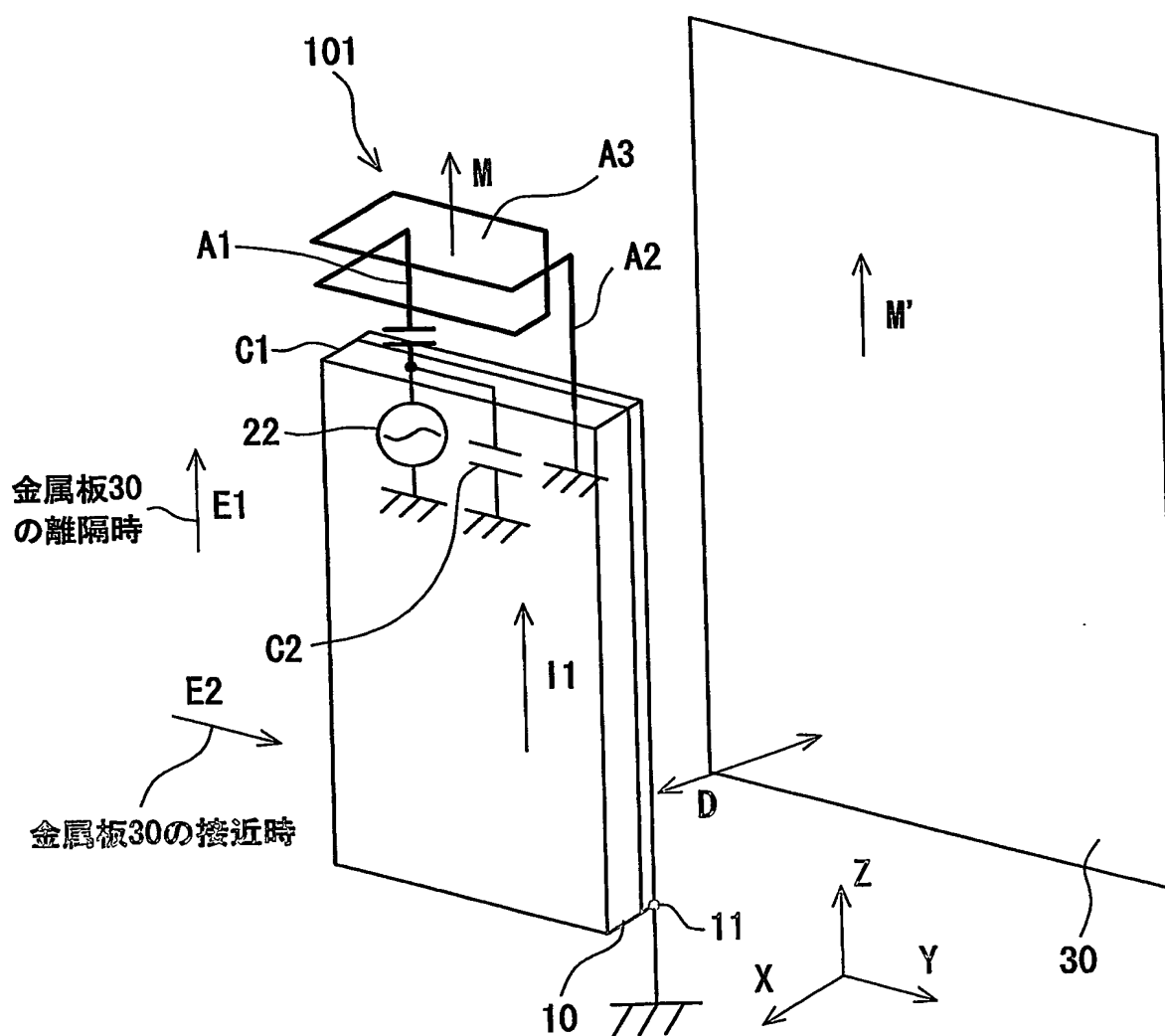


図 5

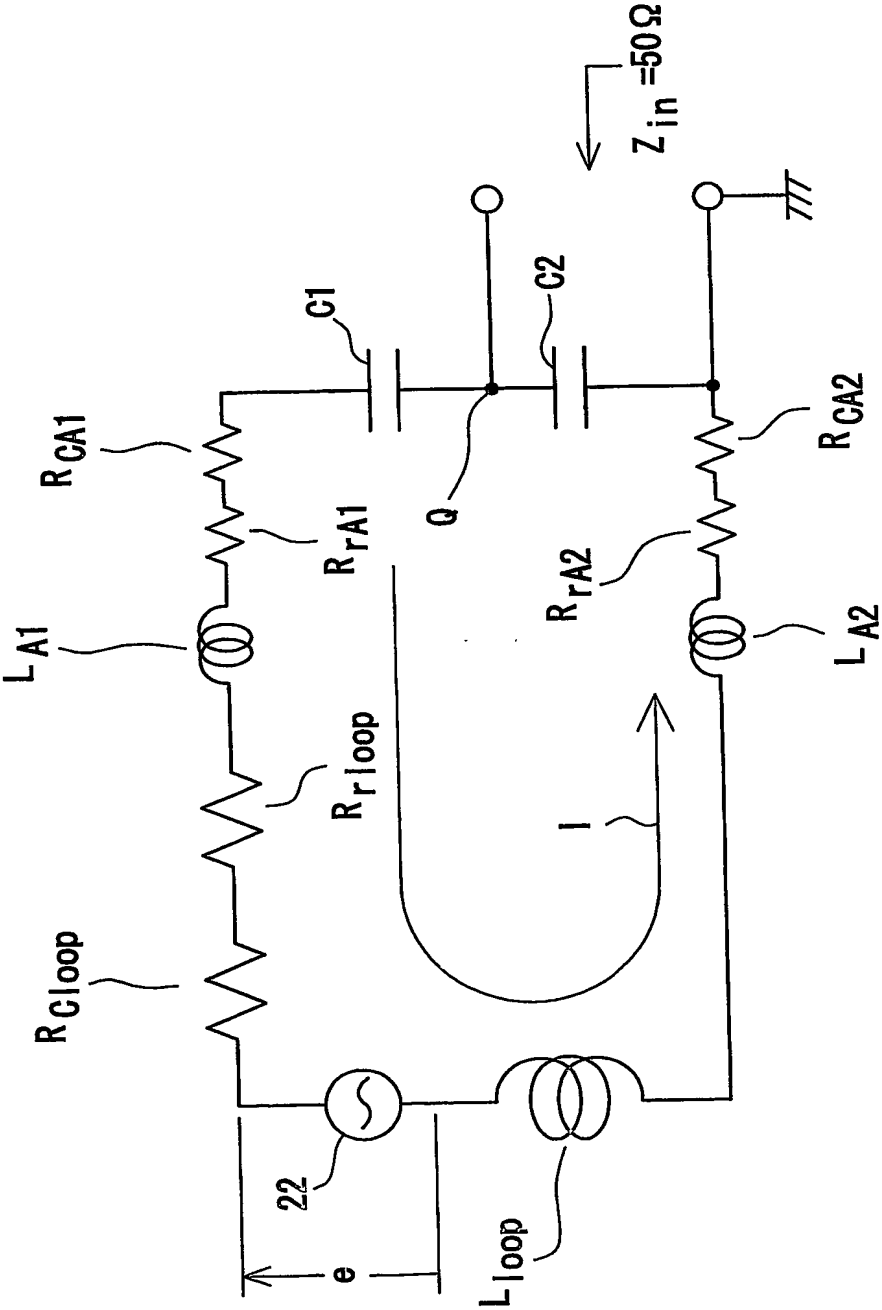


図 6

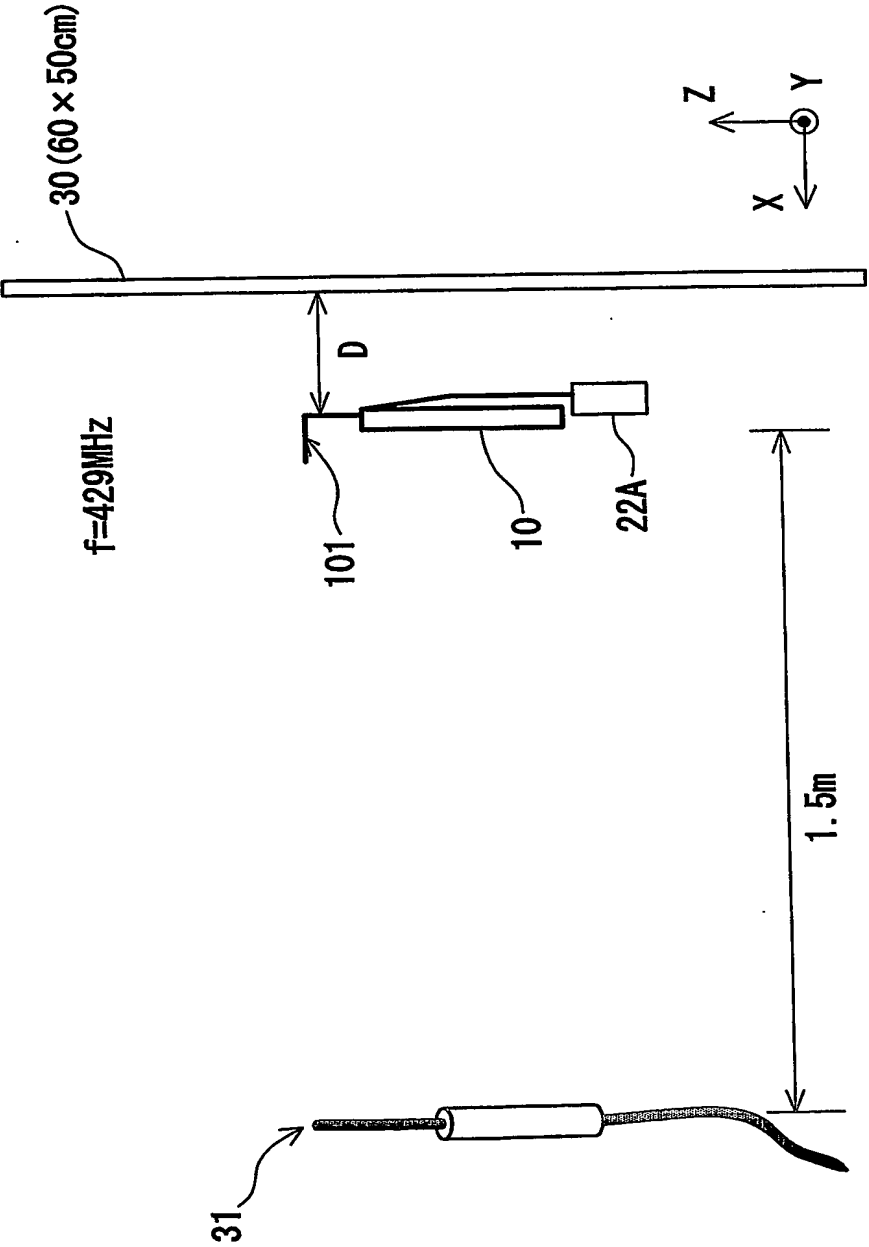
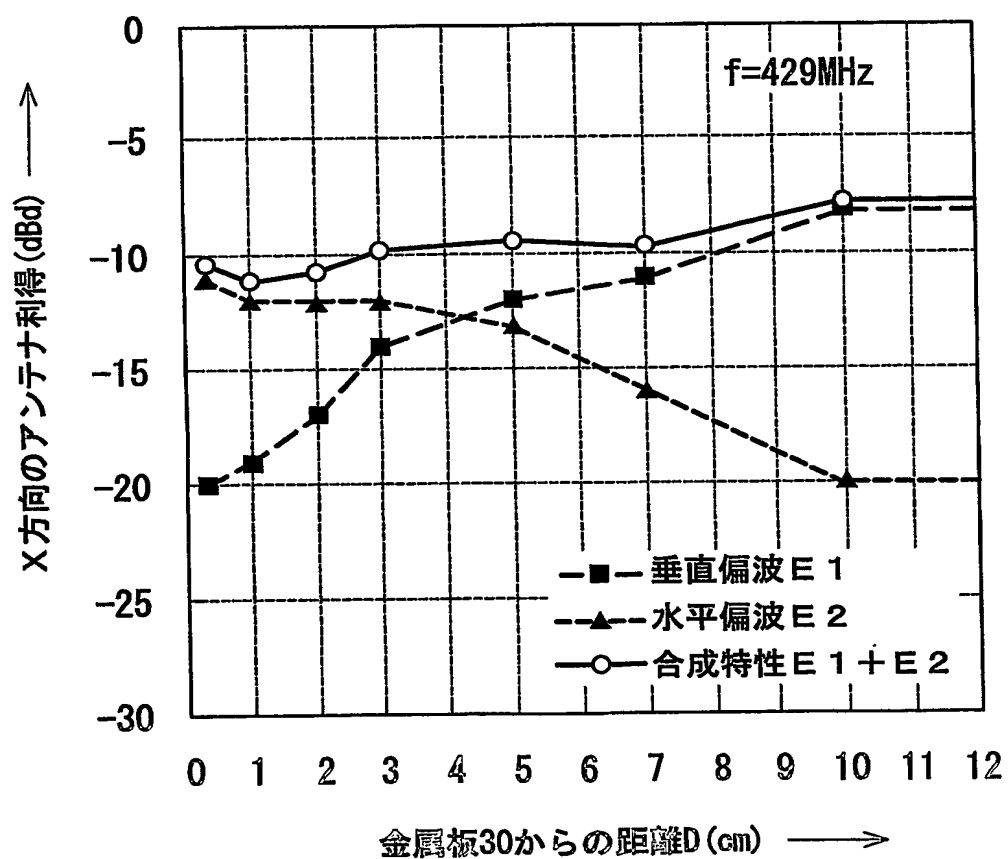


図 7



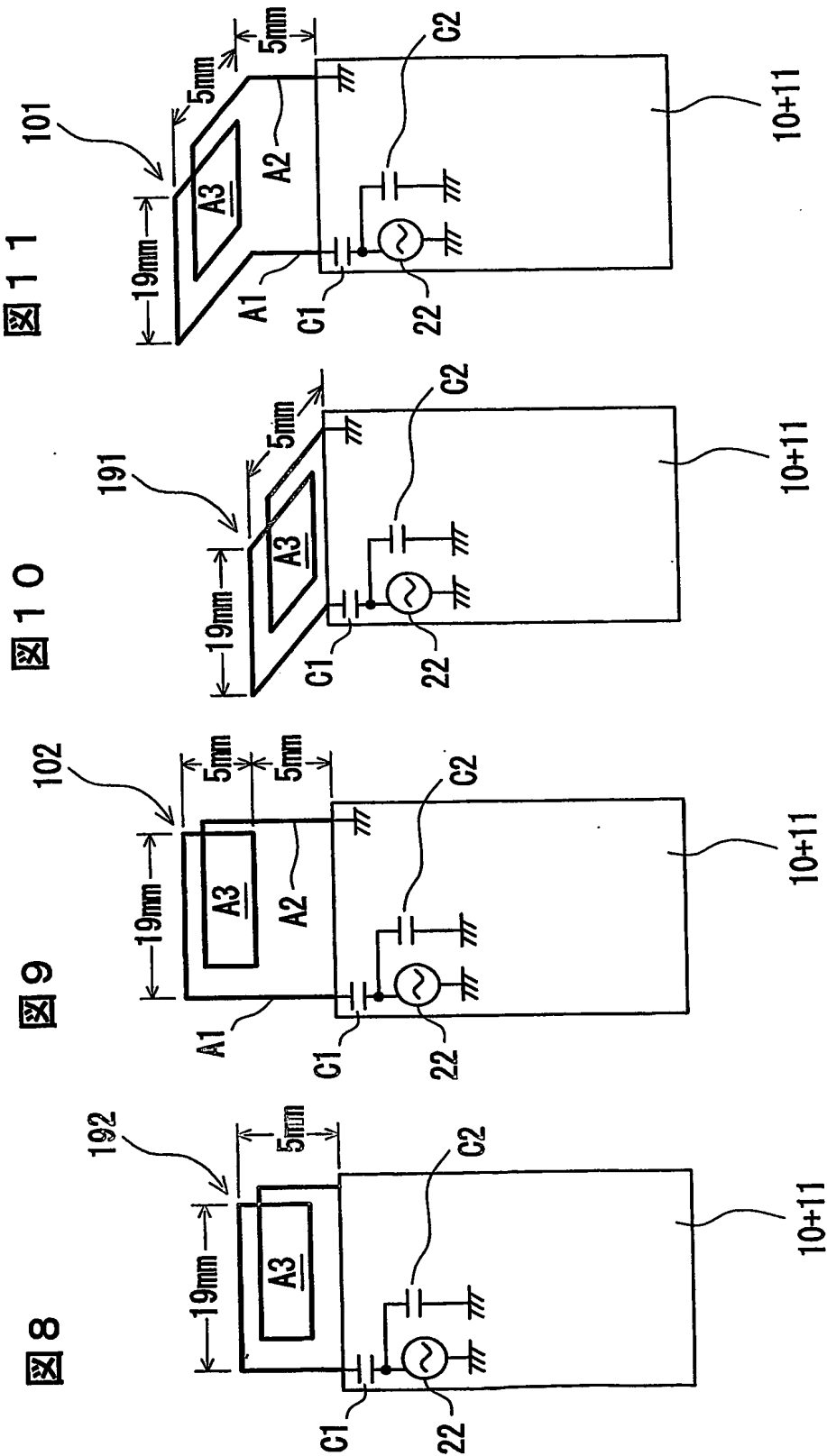


図 1 2

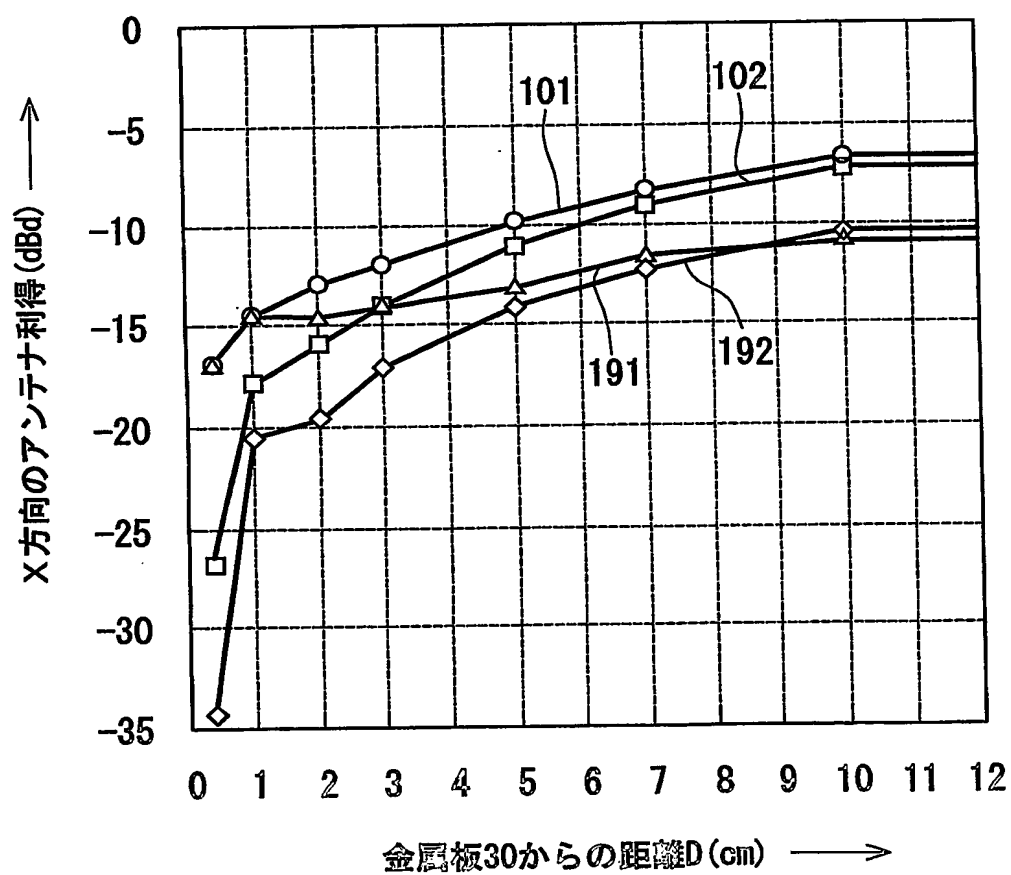


図 1 3

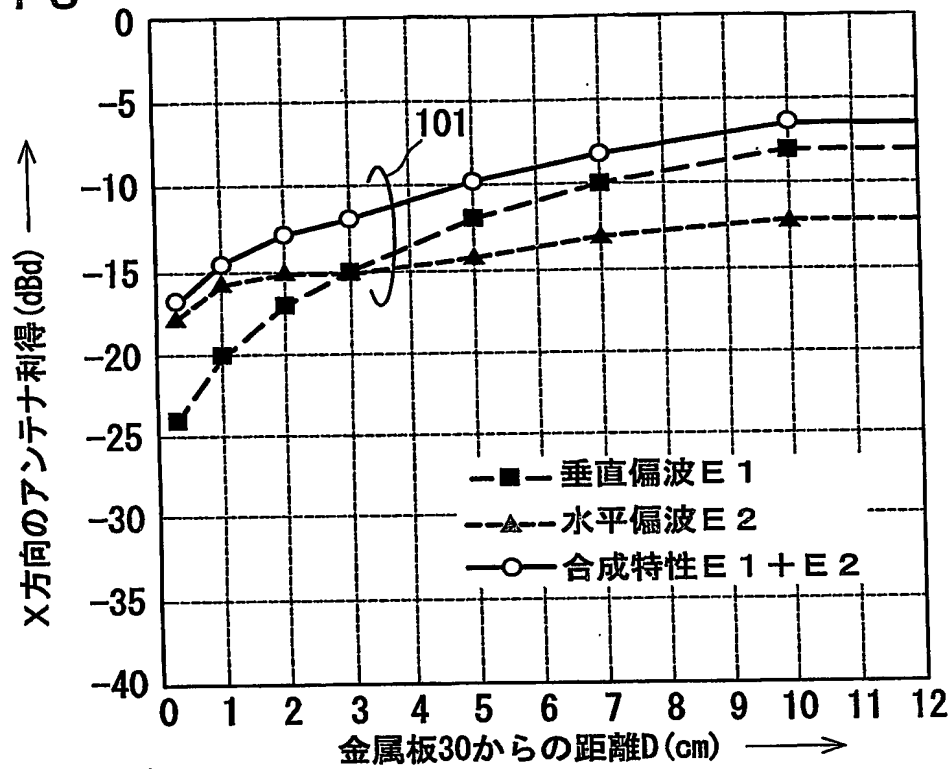


図 1 4

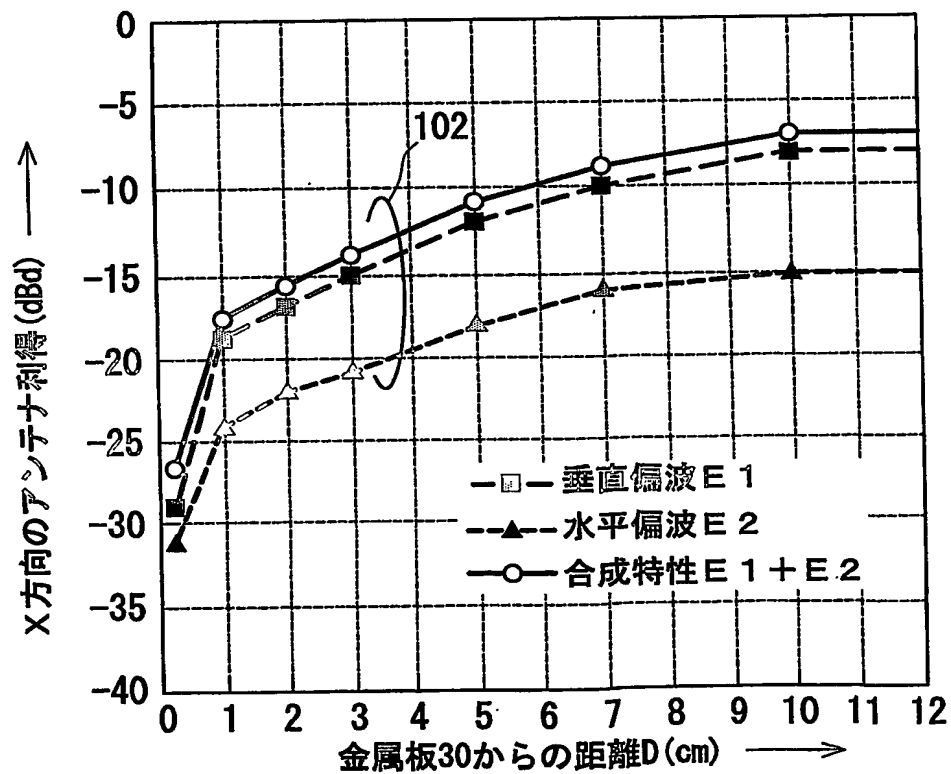


図 1 5

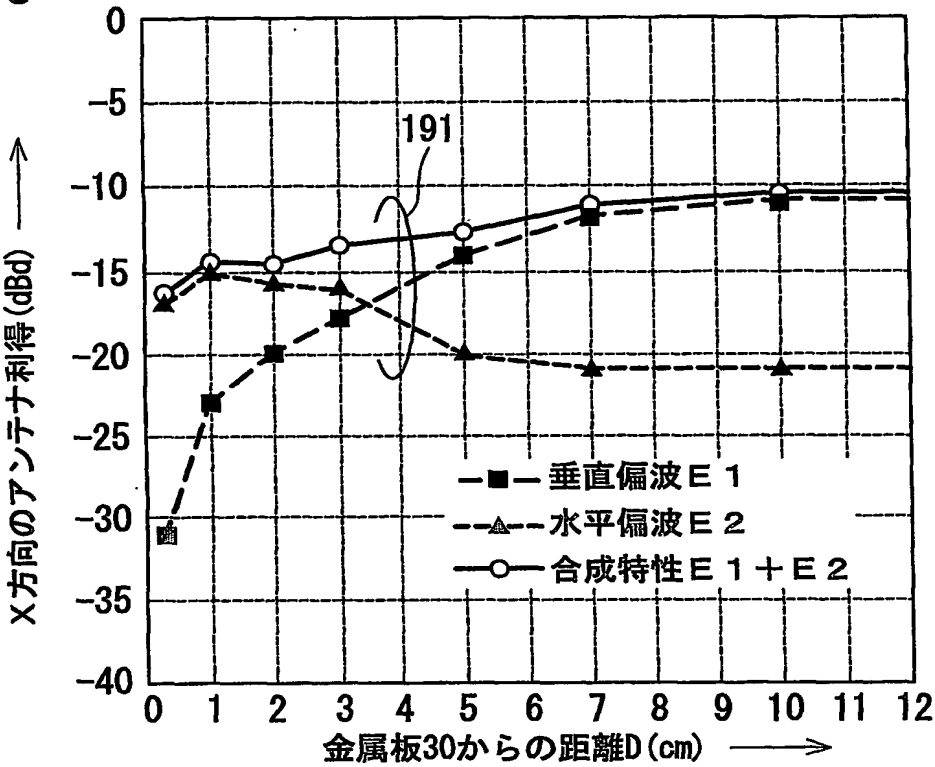


図 1 6

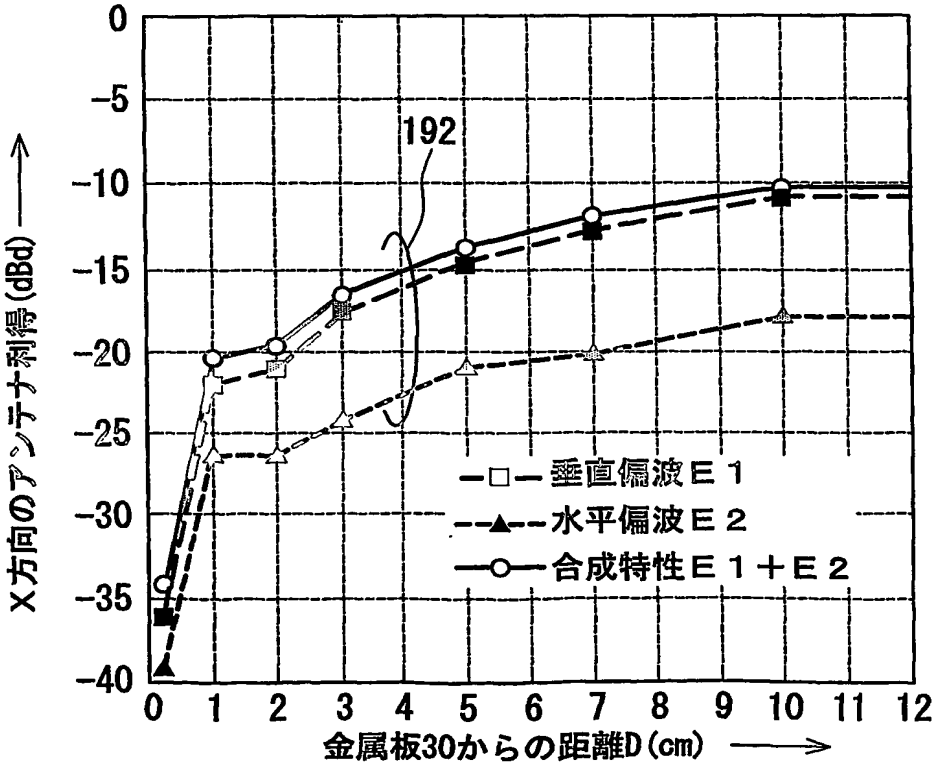


図 1 7

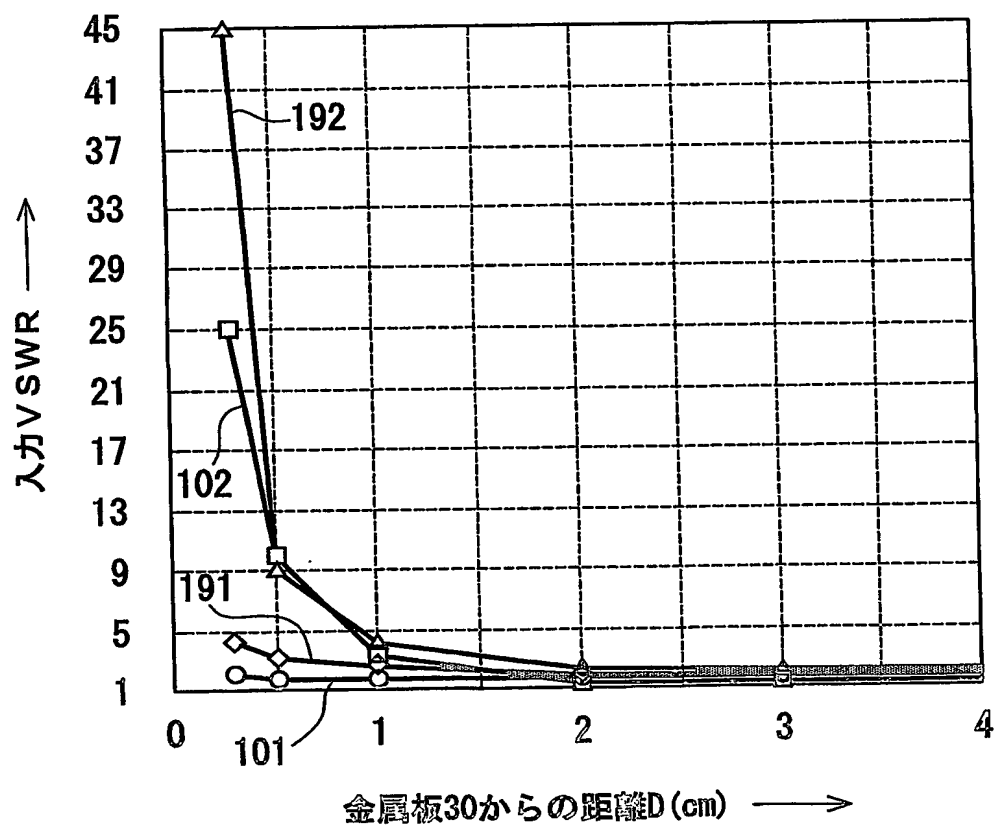
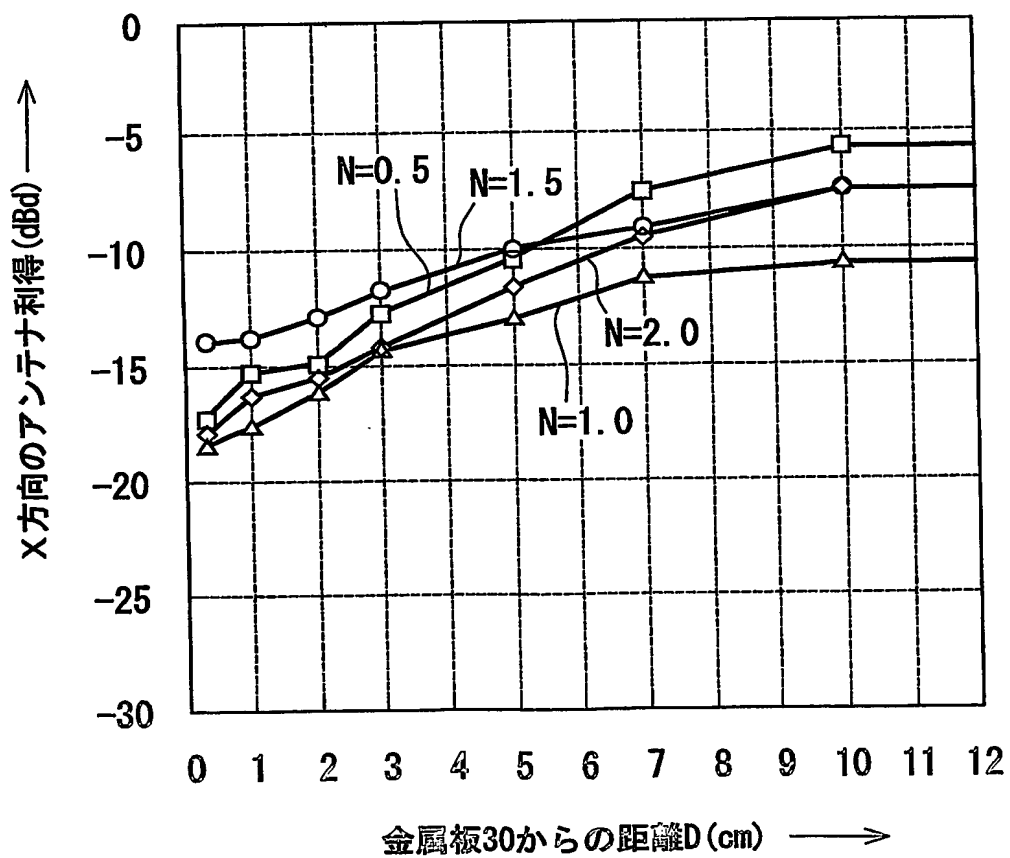


図 18



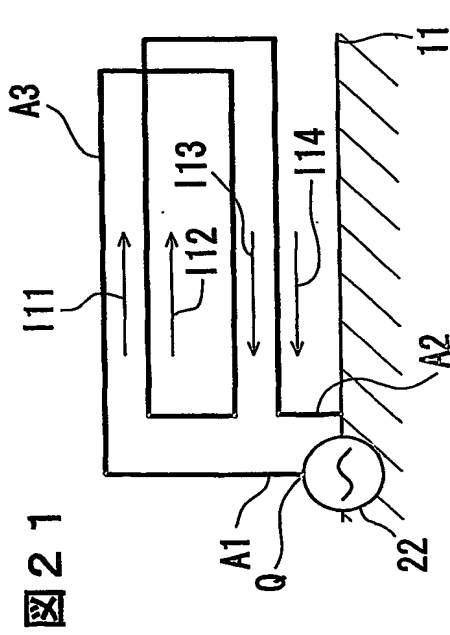
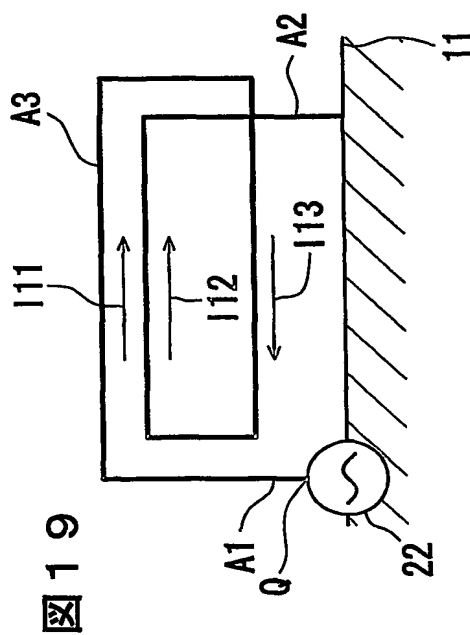
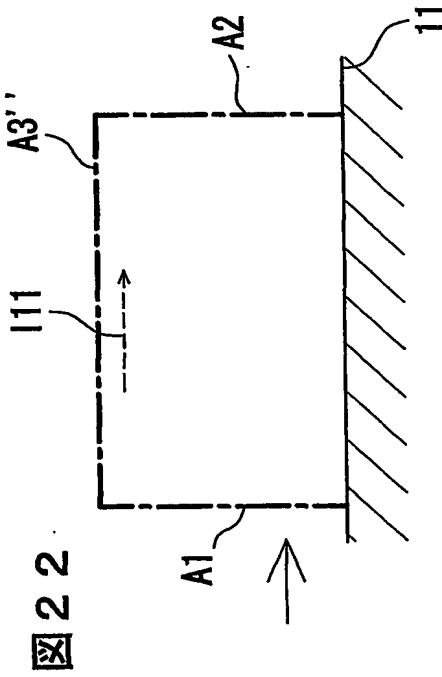
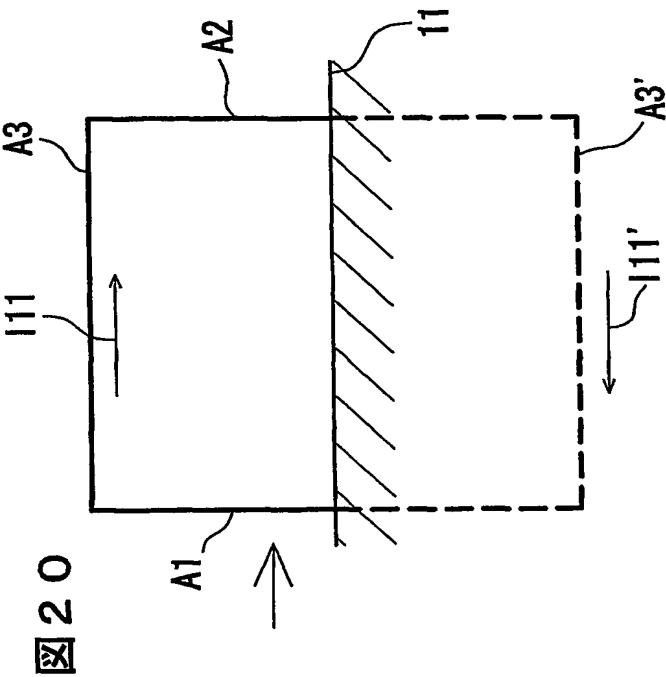


図 2 3

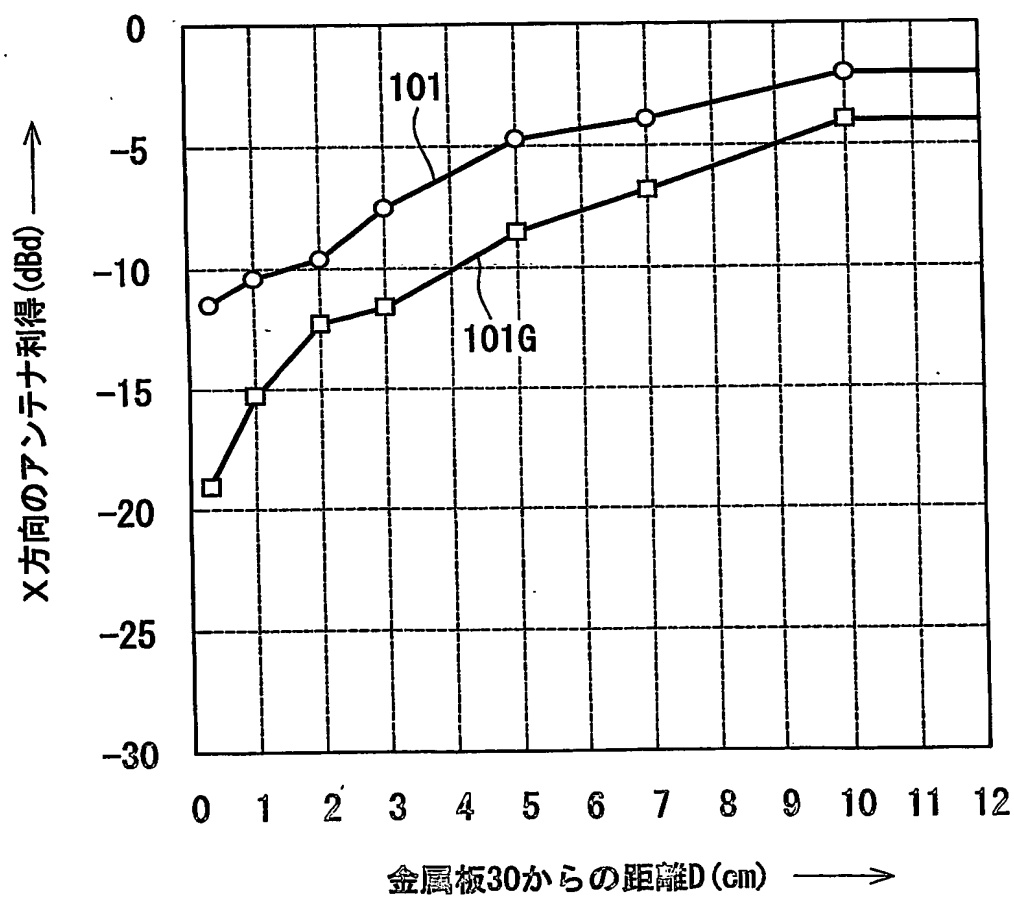


図 2 4

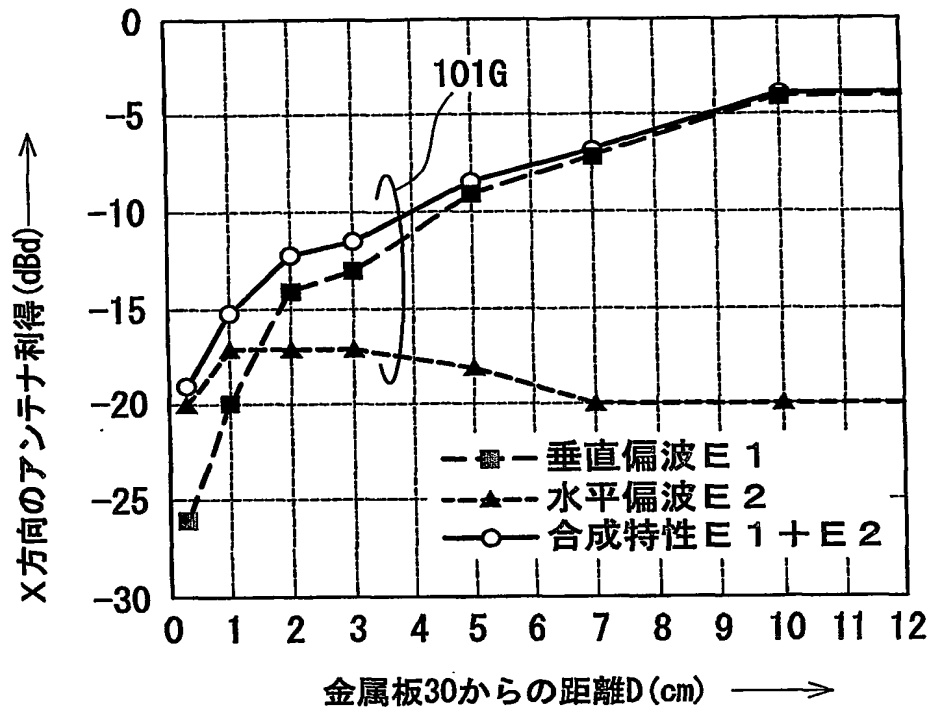


図 2 5

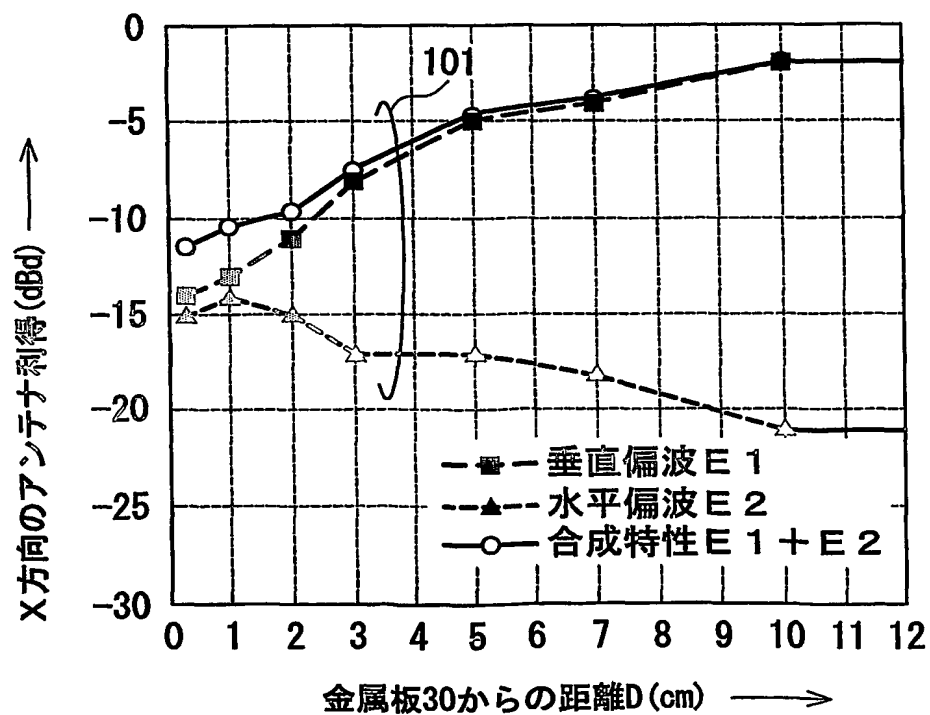


図 26

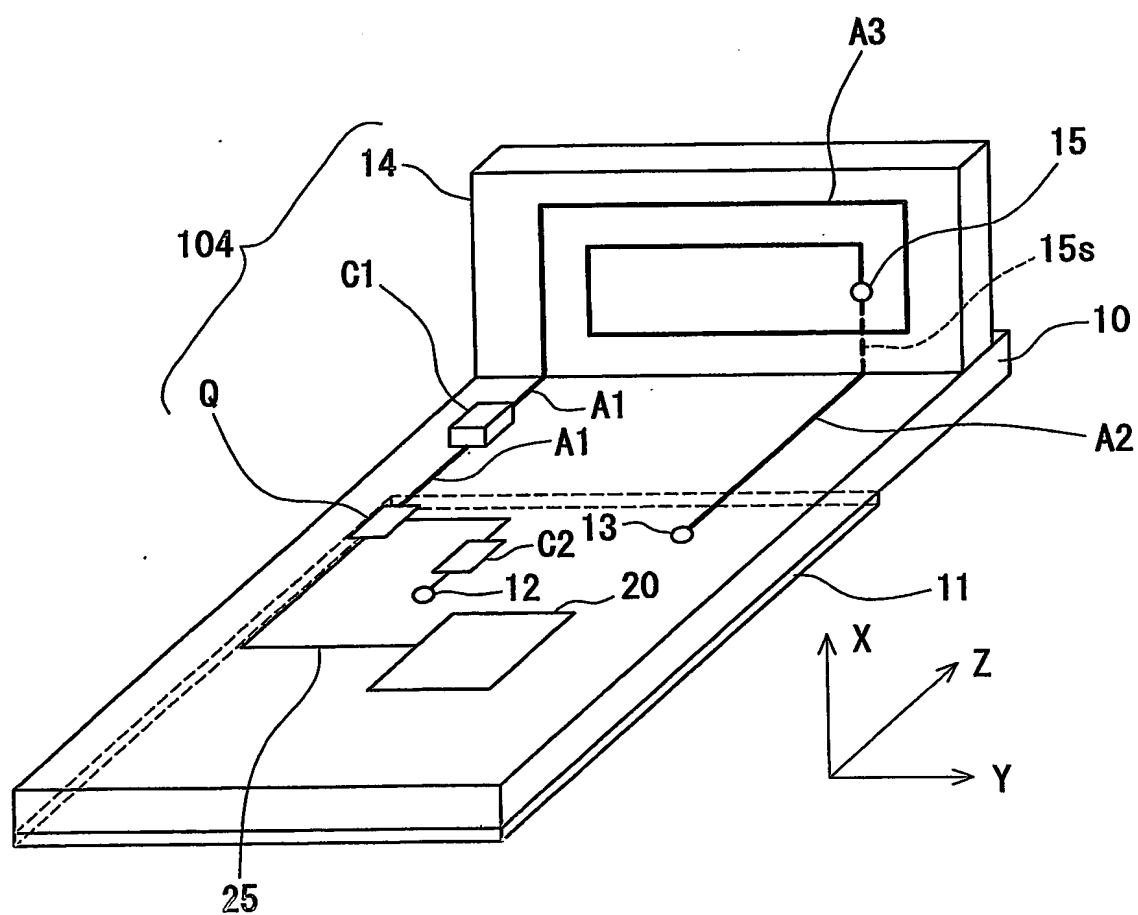


図 29

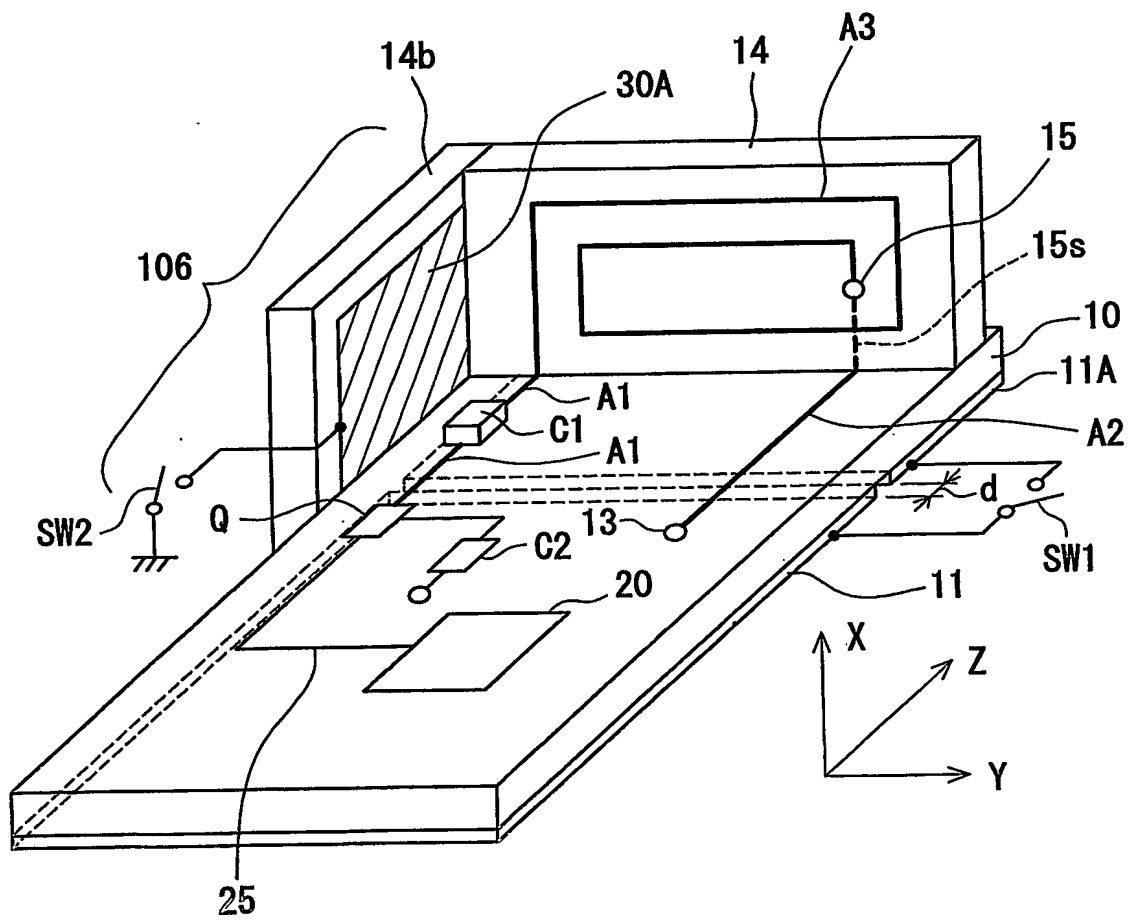


图 30

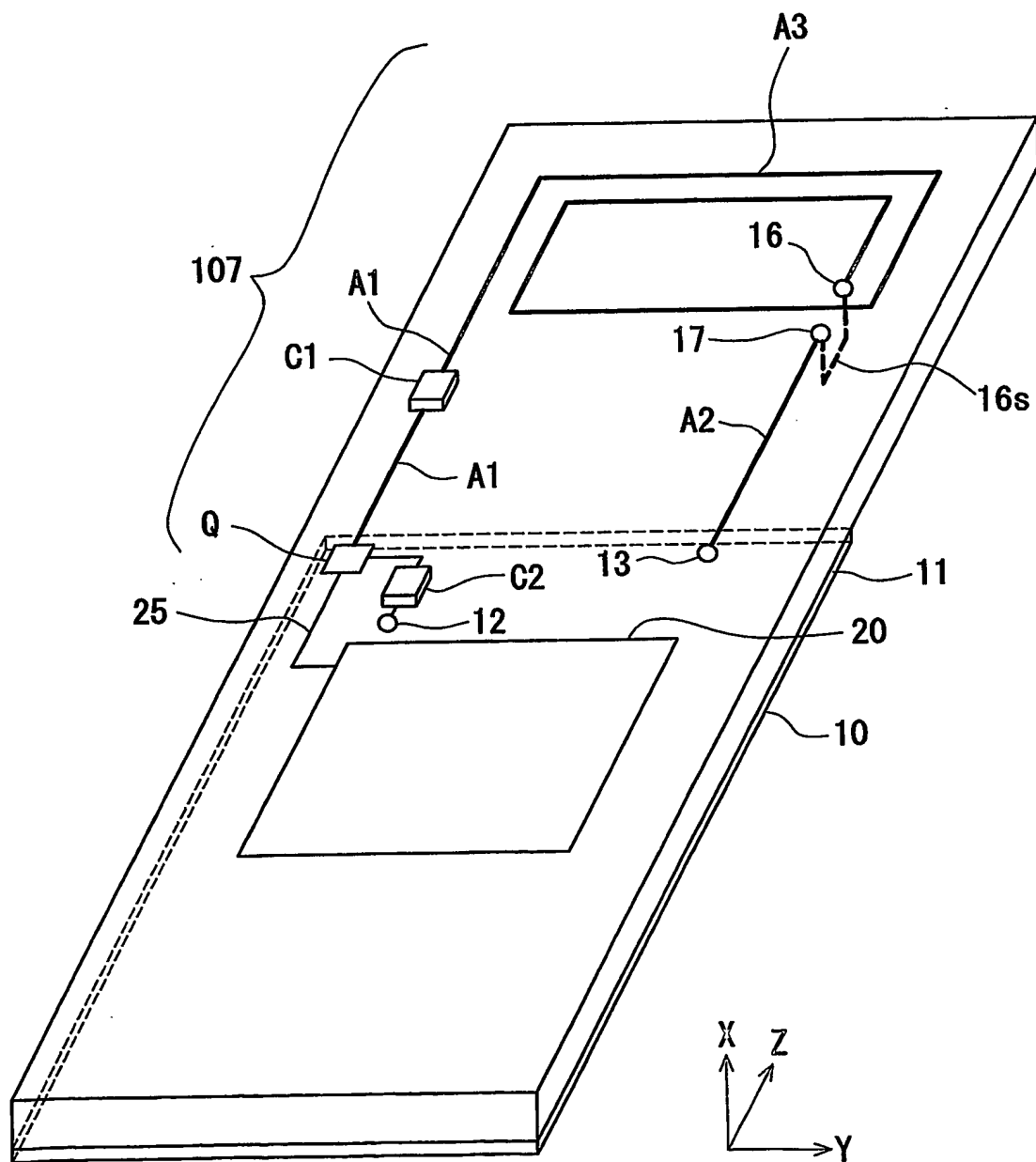


图 3 1

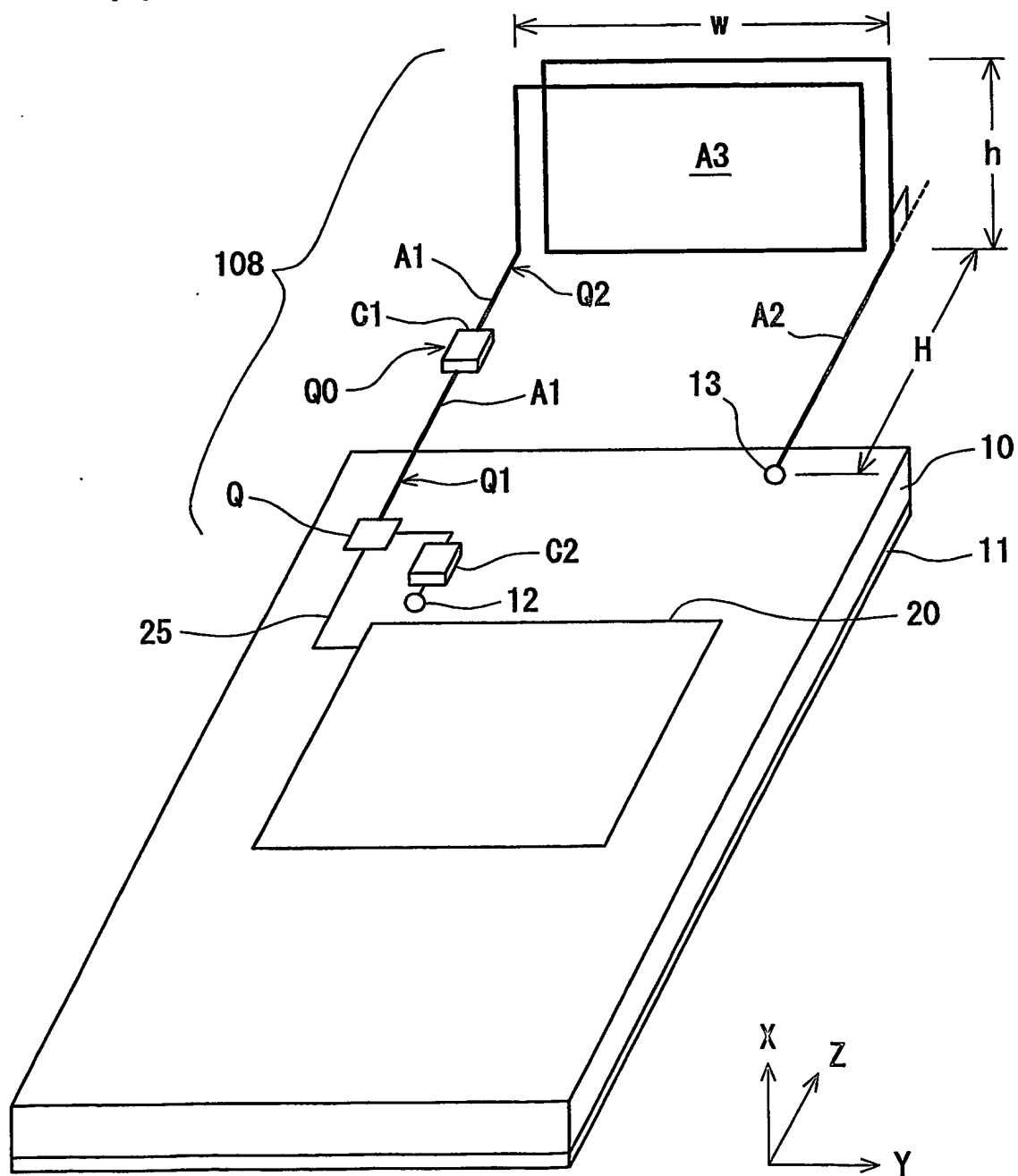


図 3 2

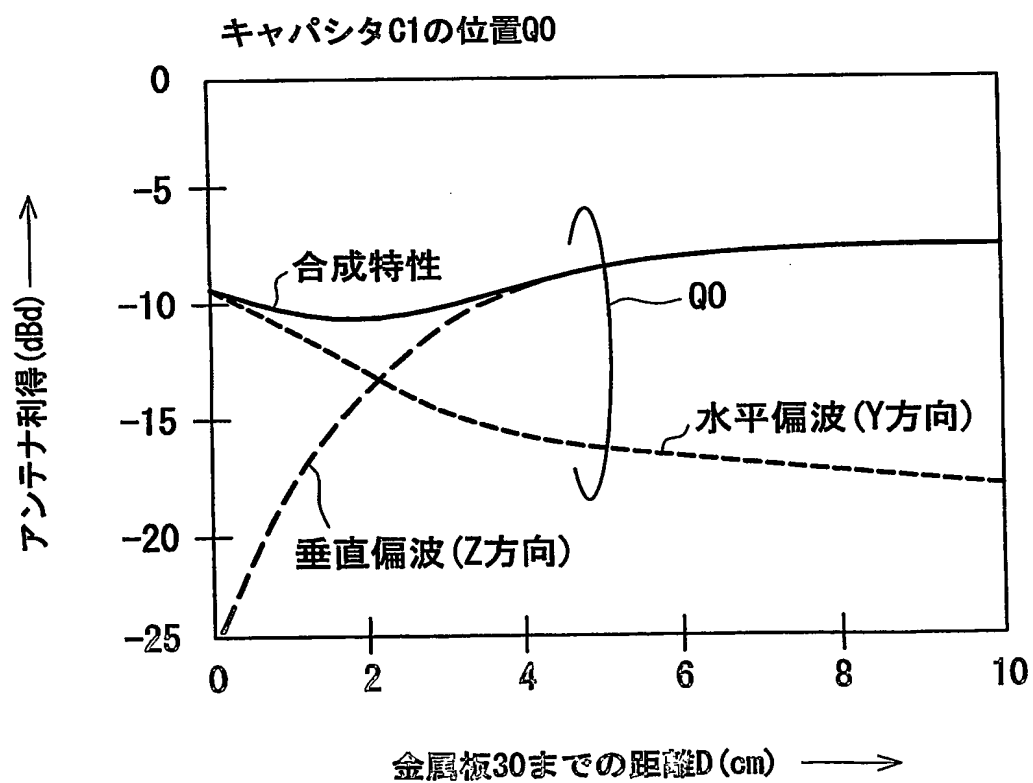


図 3 3

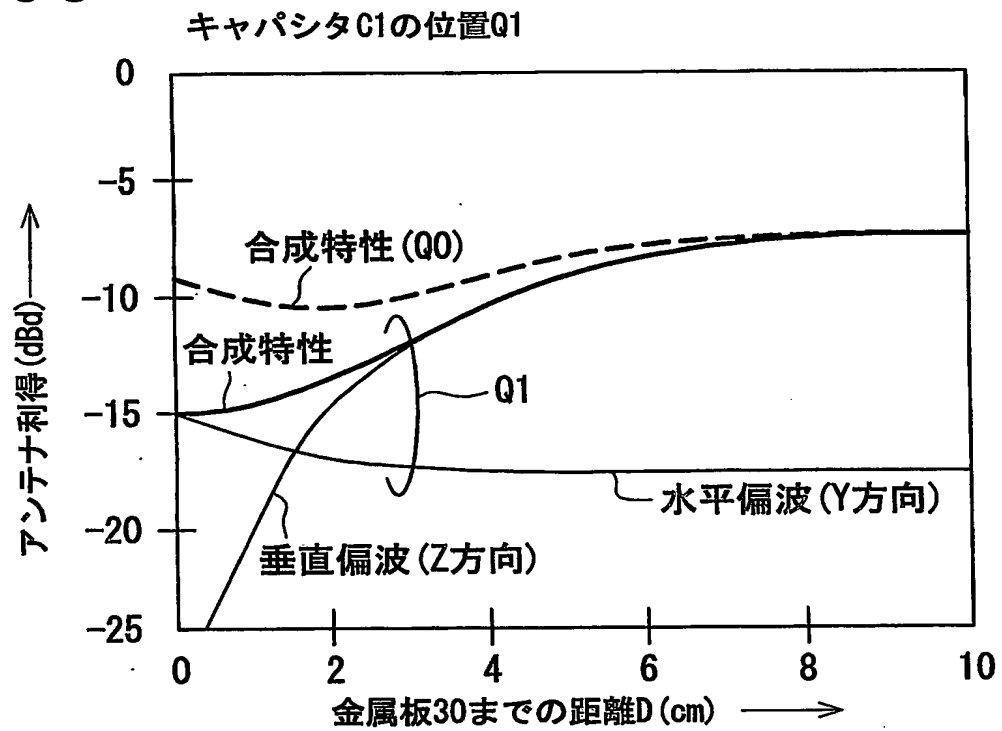


図 3 4

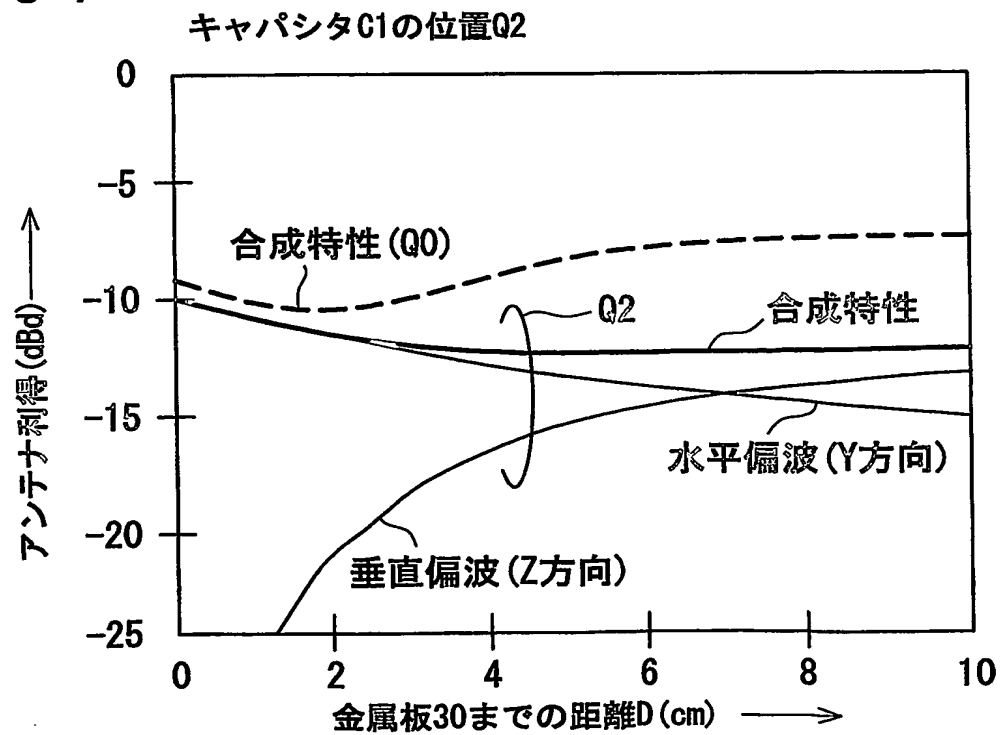


图 3 5

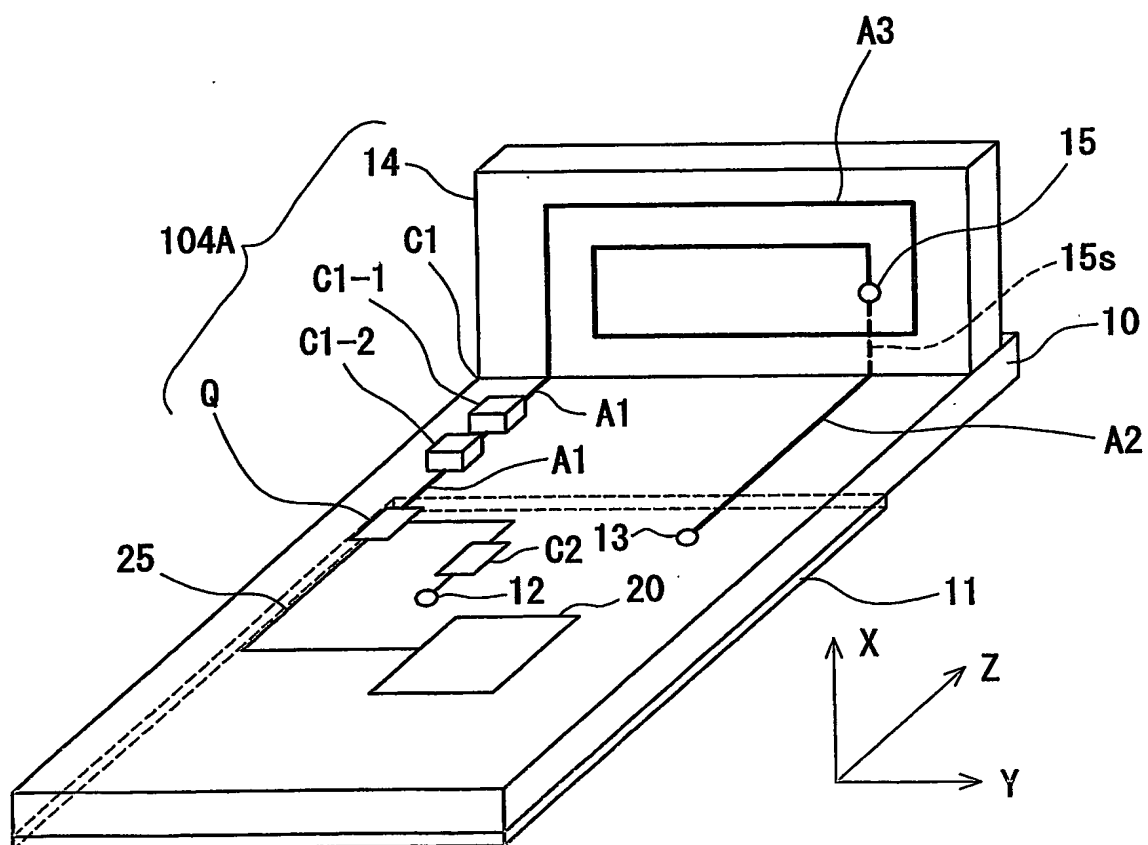


图 37

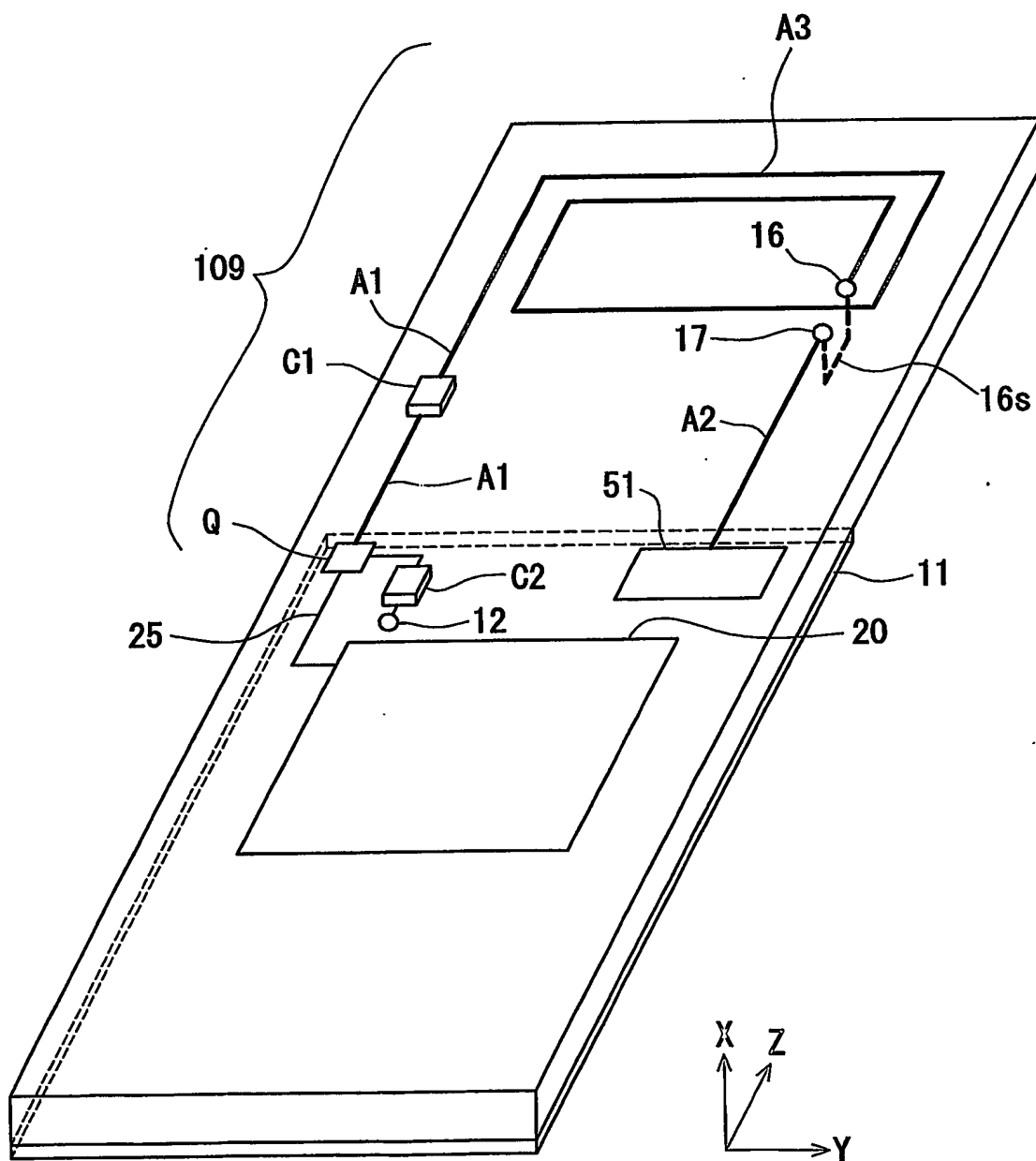


图 3 8

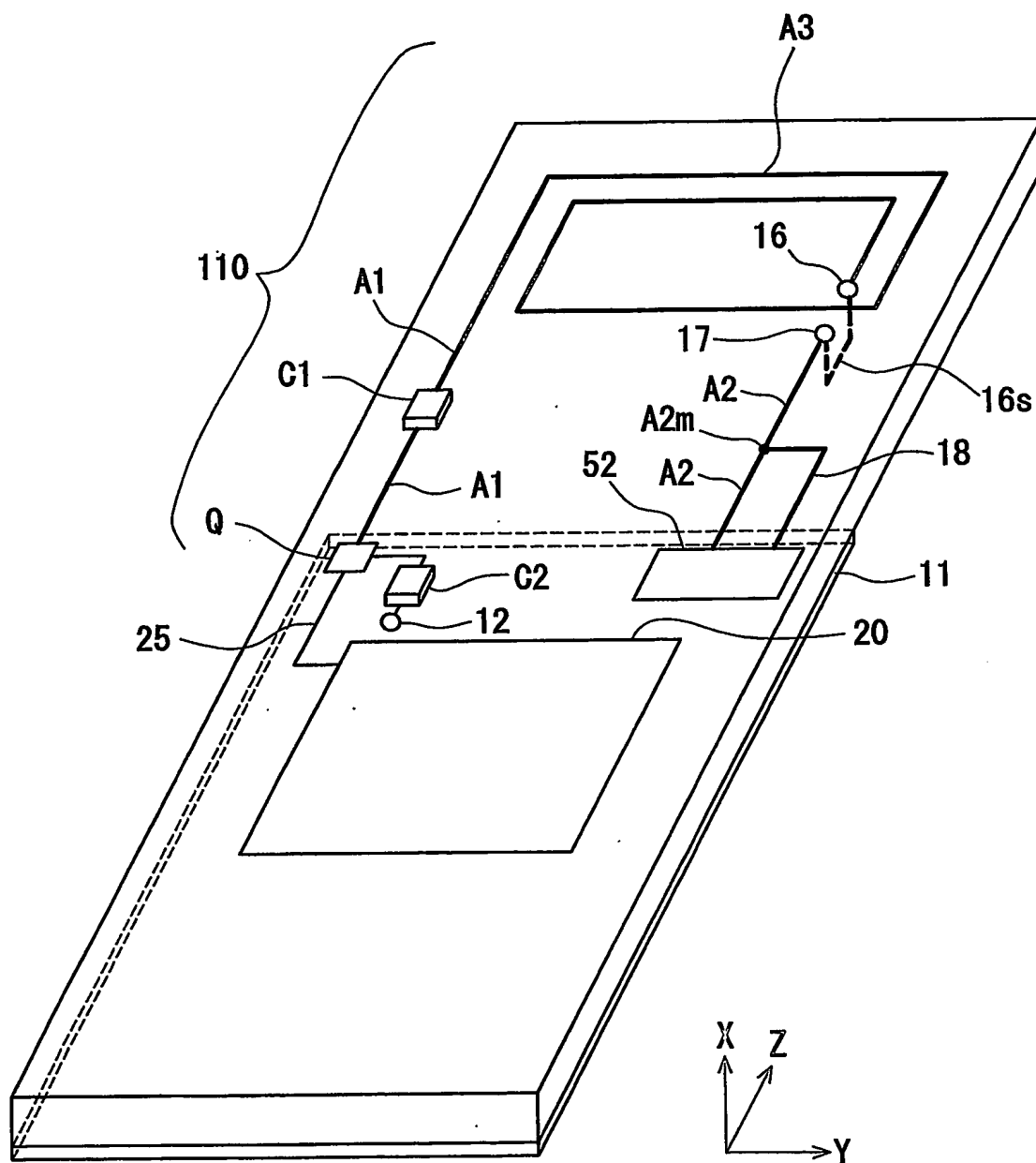


図 3 9

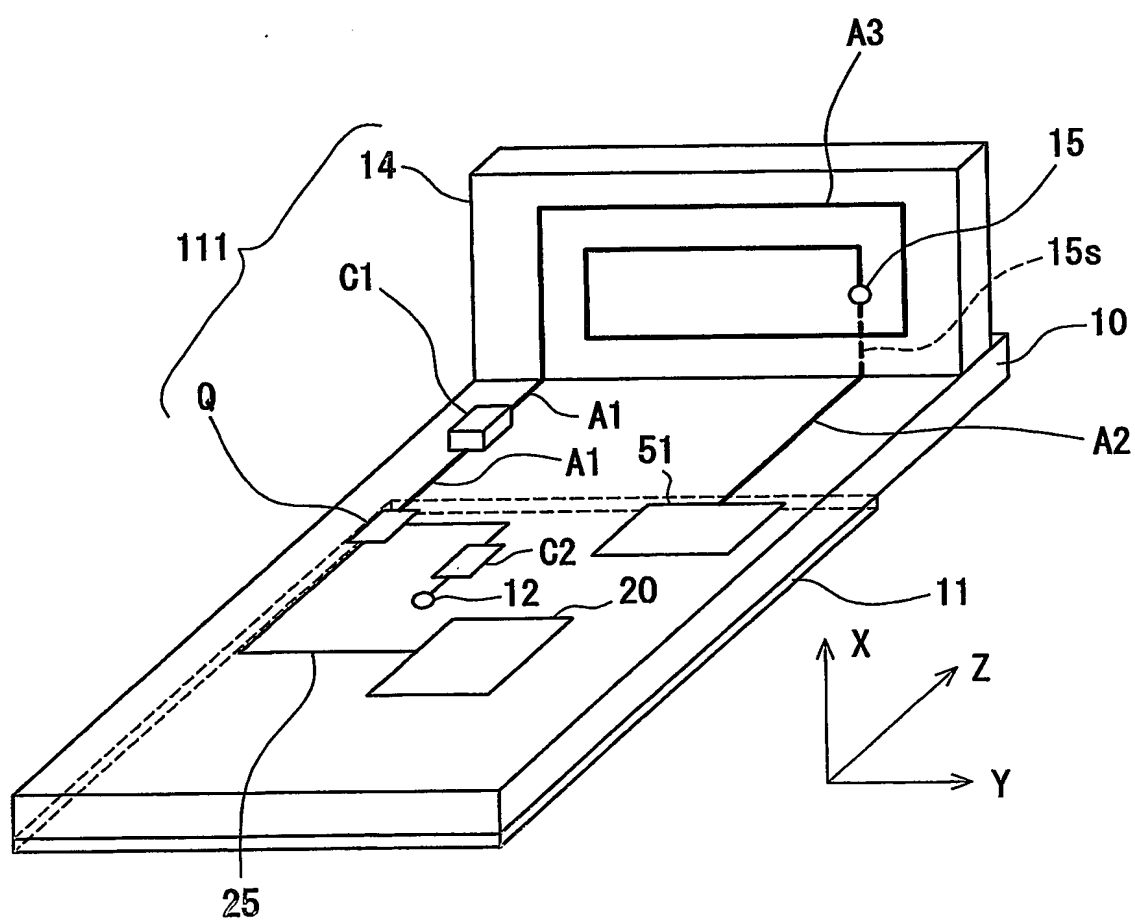


図 4 O

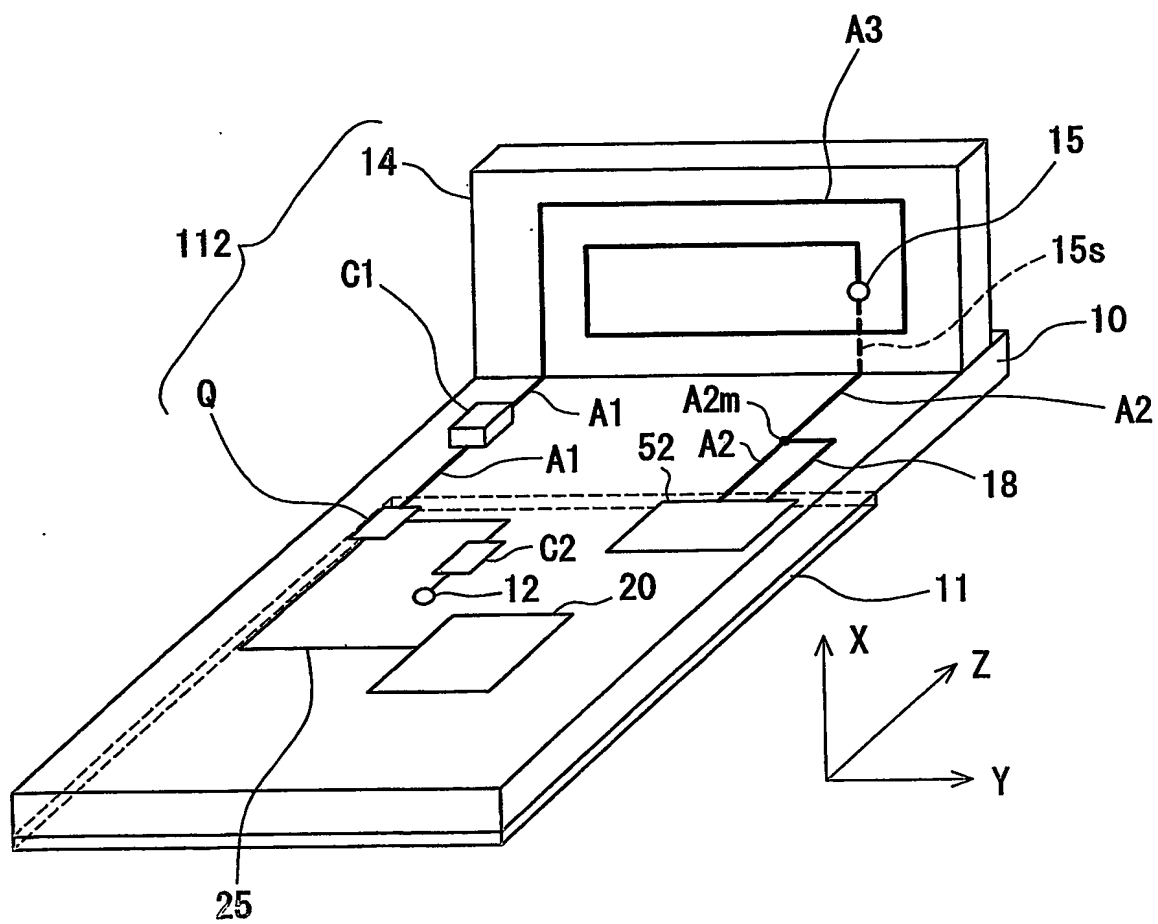


図 4 1

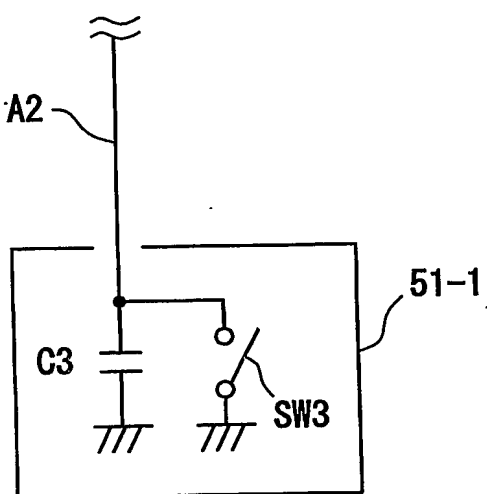


図 4 2

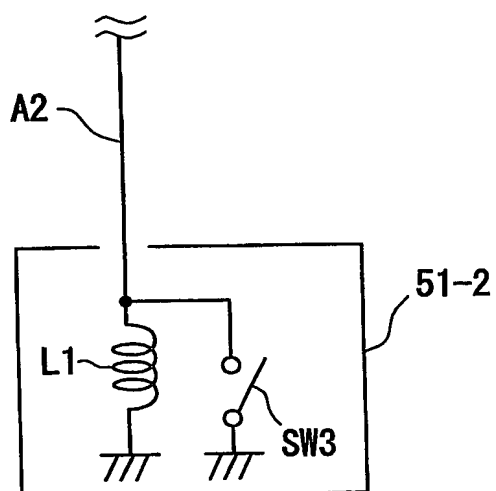


図 4 3

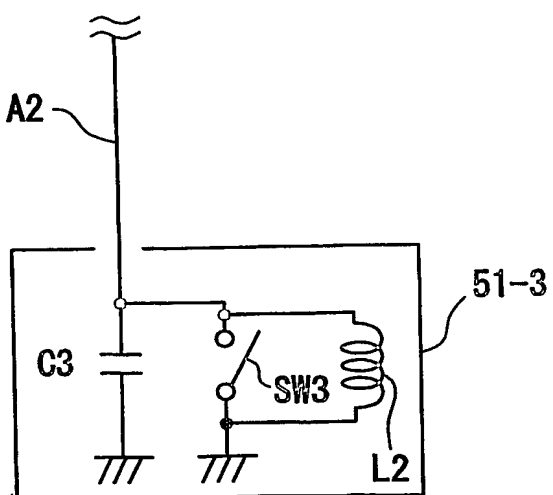


図 4 4

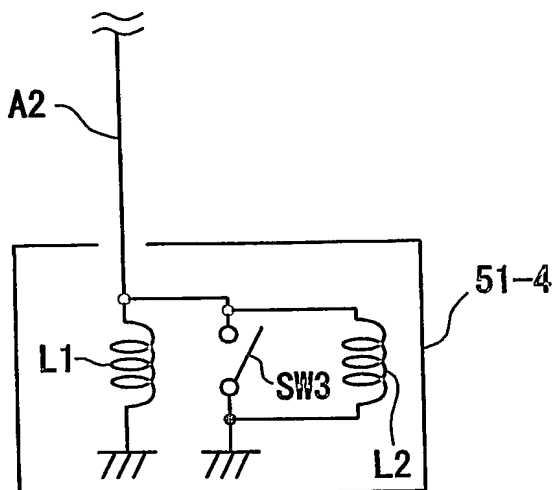


図 4 5

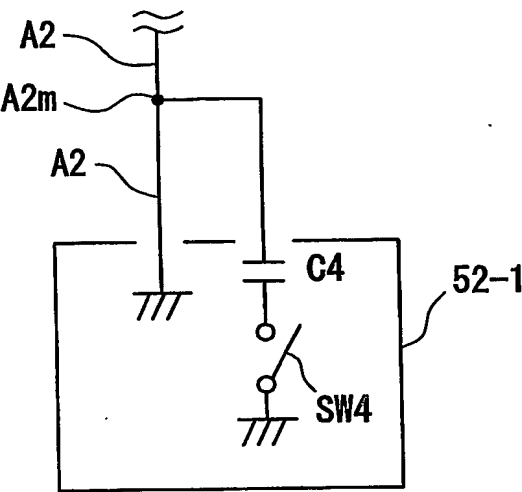


図 4 6

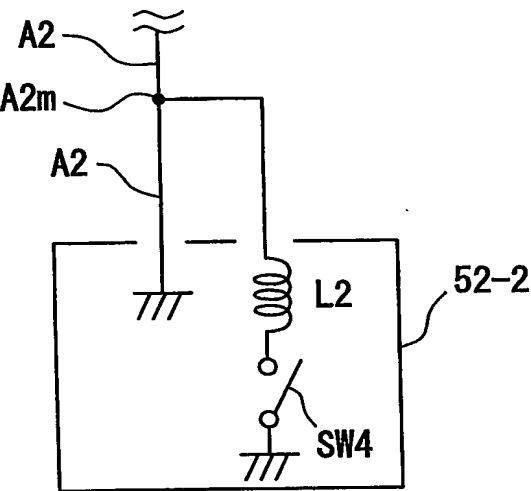


図 4 7

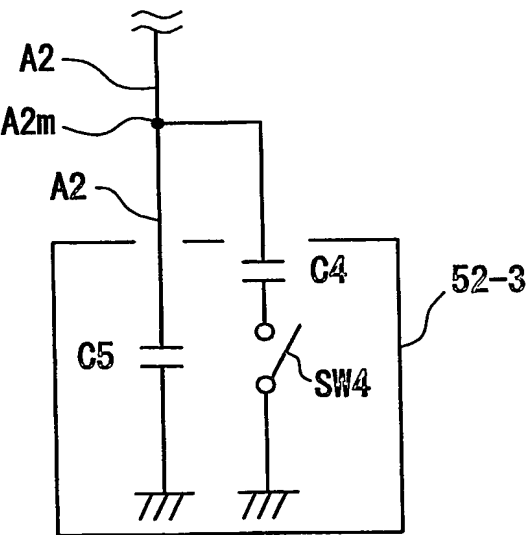


図 4 8

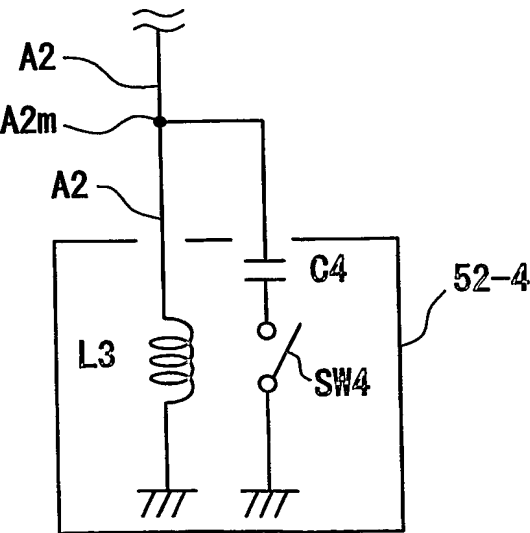


図 4 9

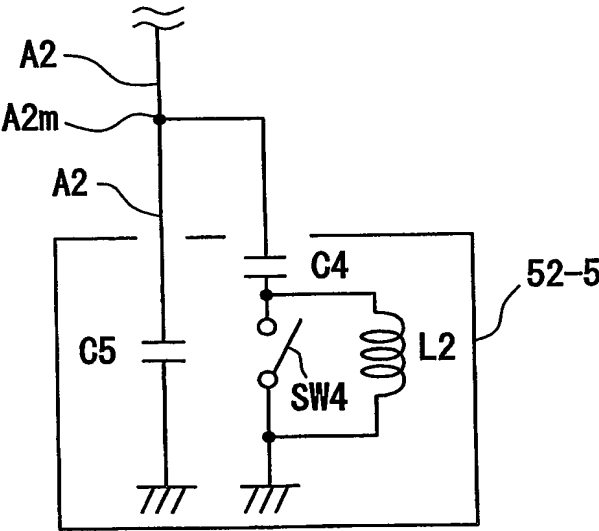


図 5 0

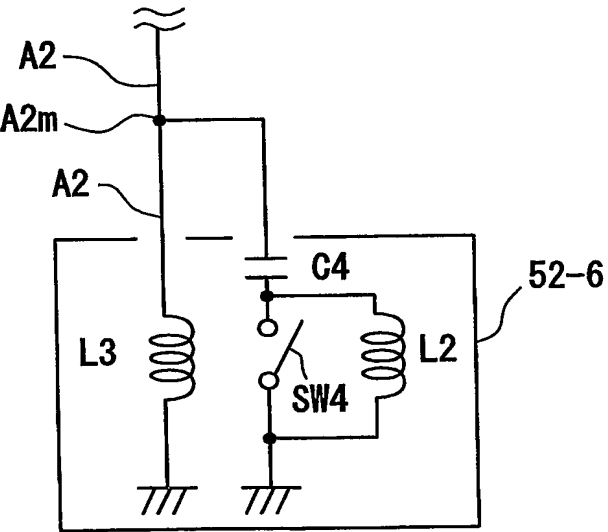


图 5 1

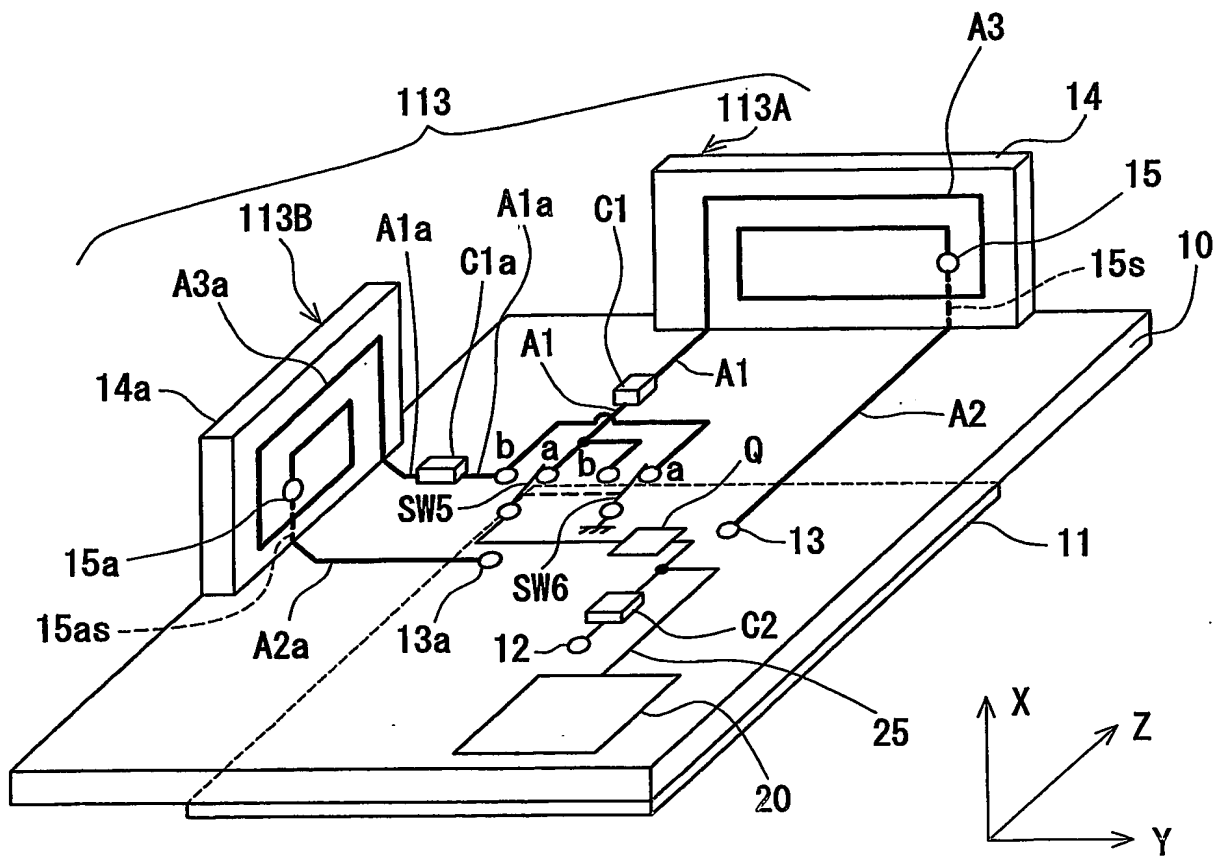


图 5 2

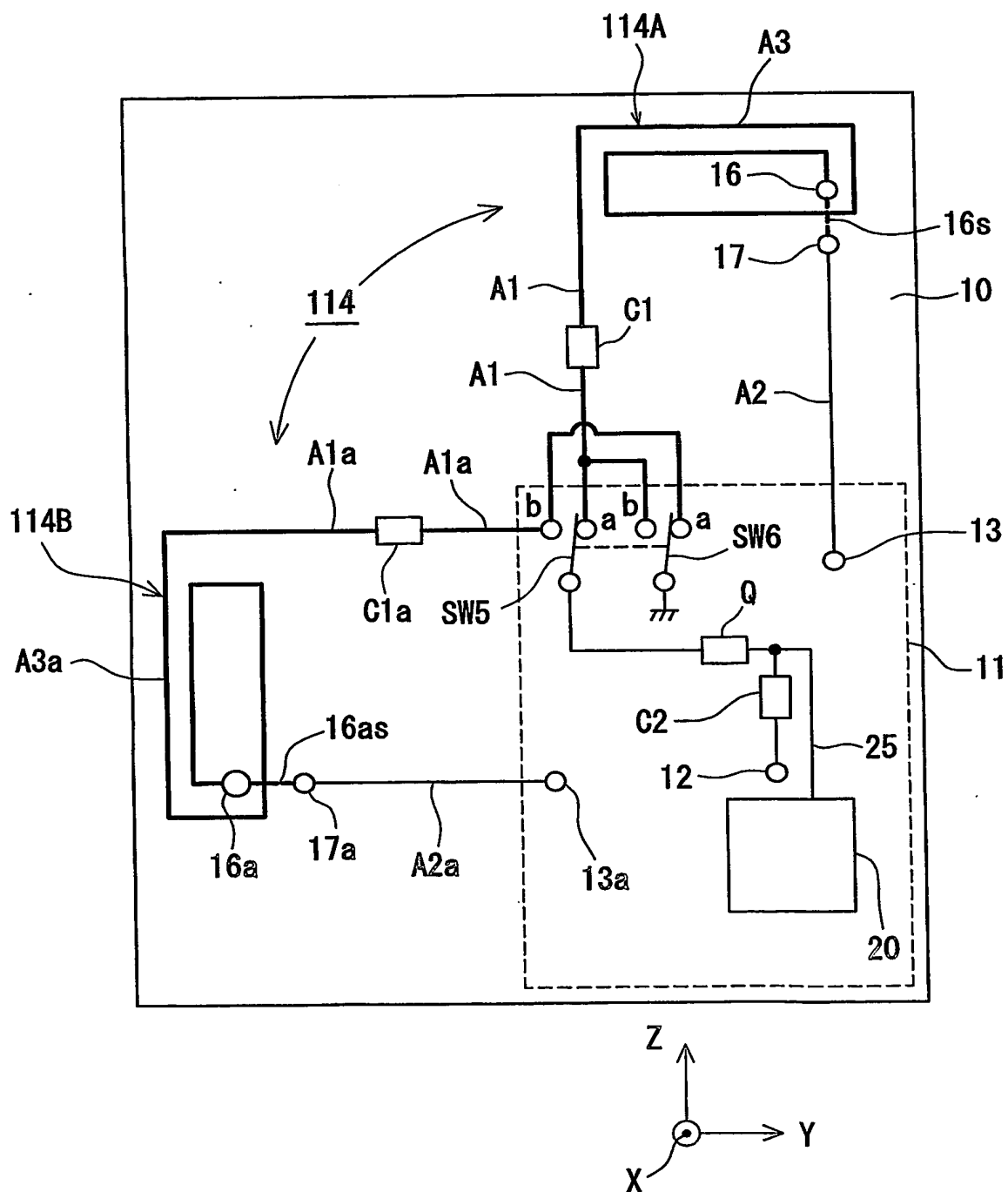


图 5 3

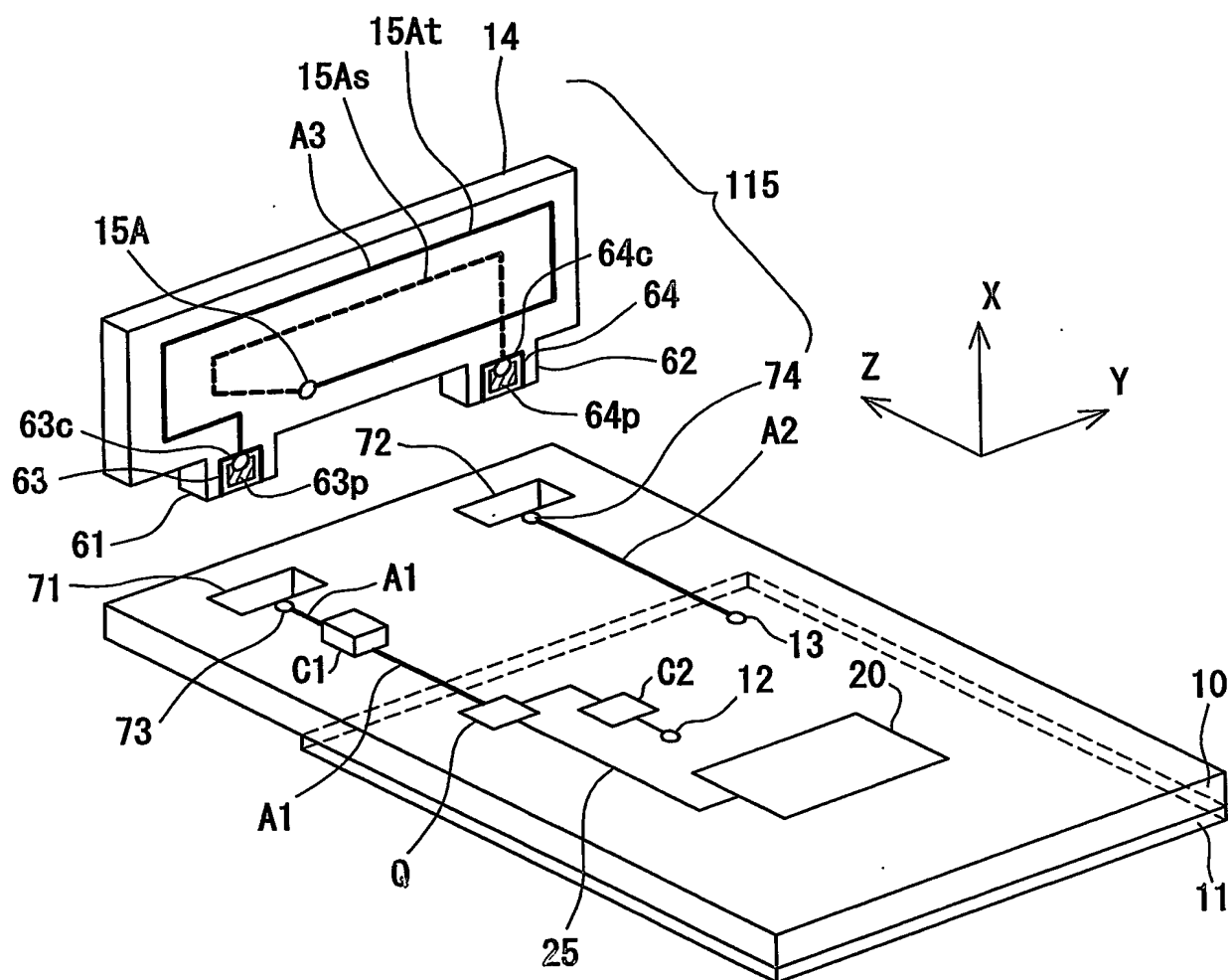


図 5 4

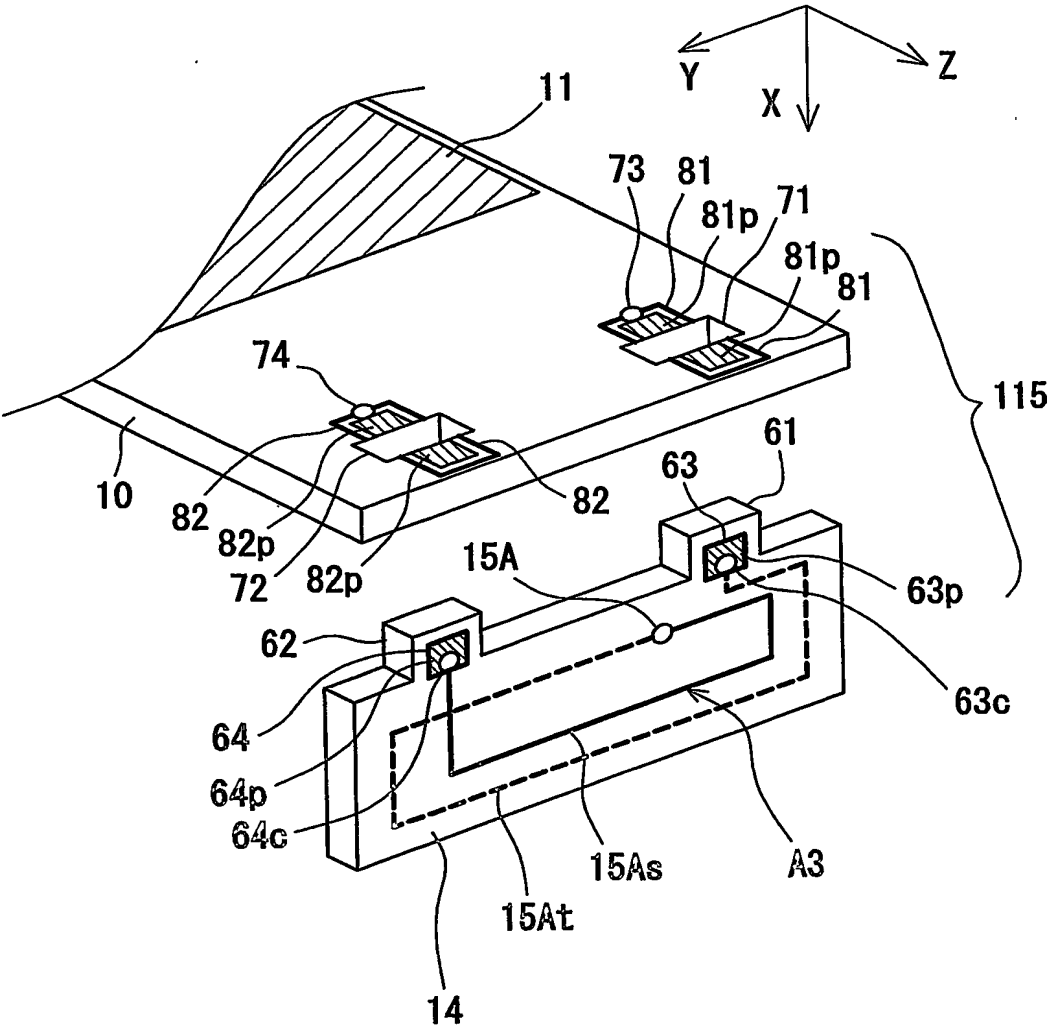


図 5 5

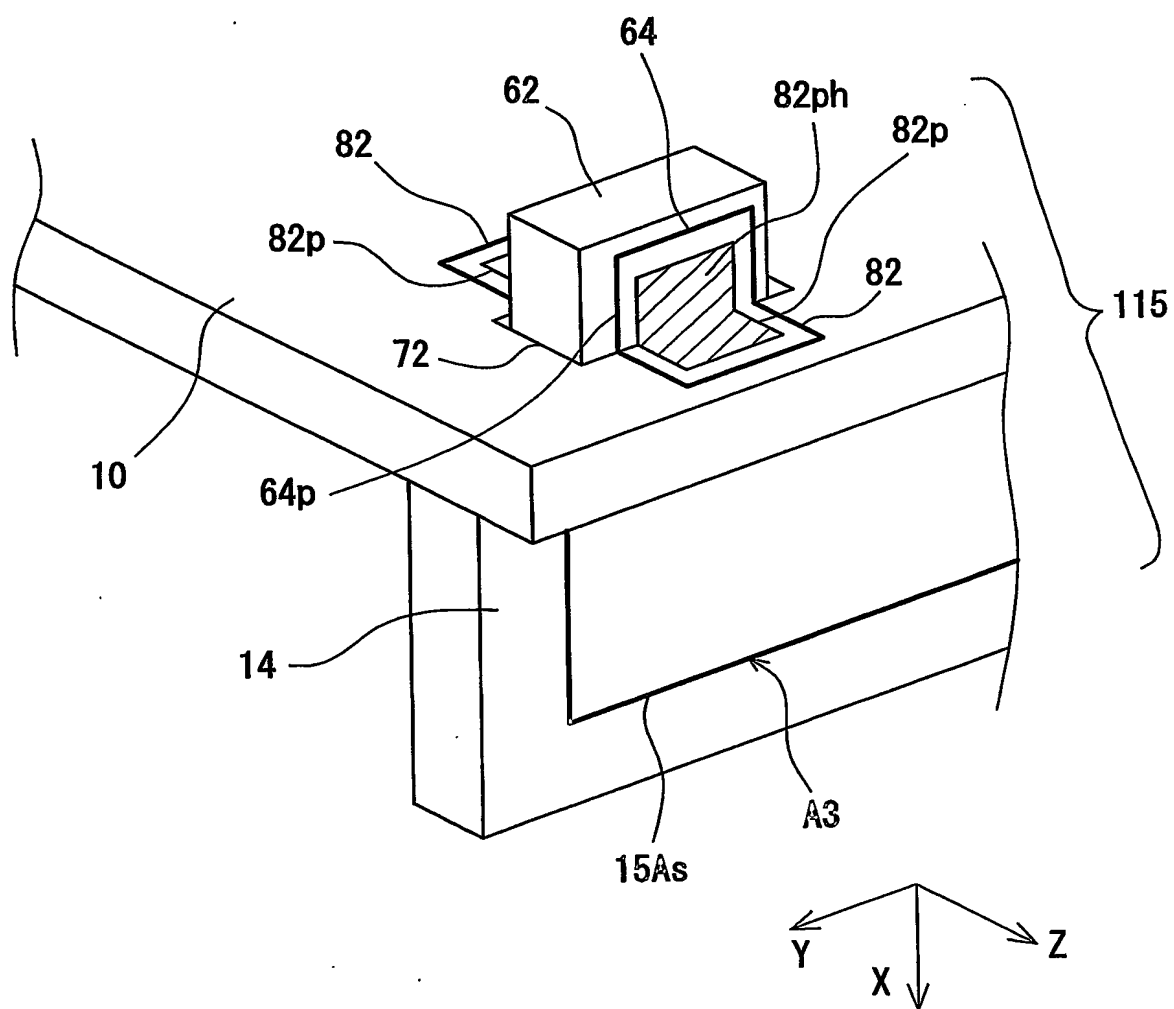
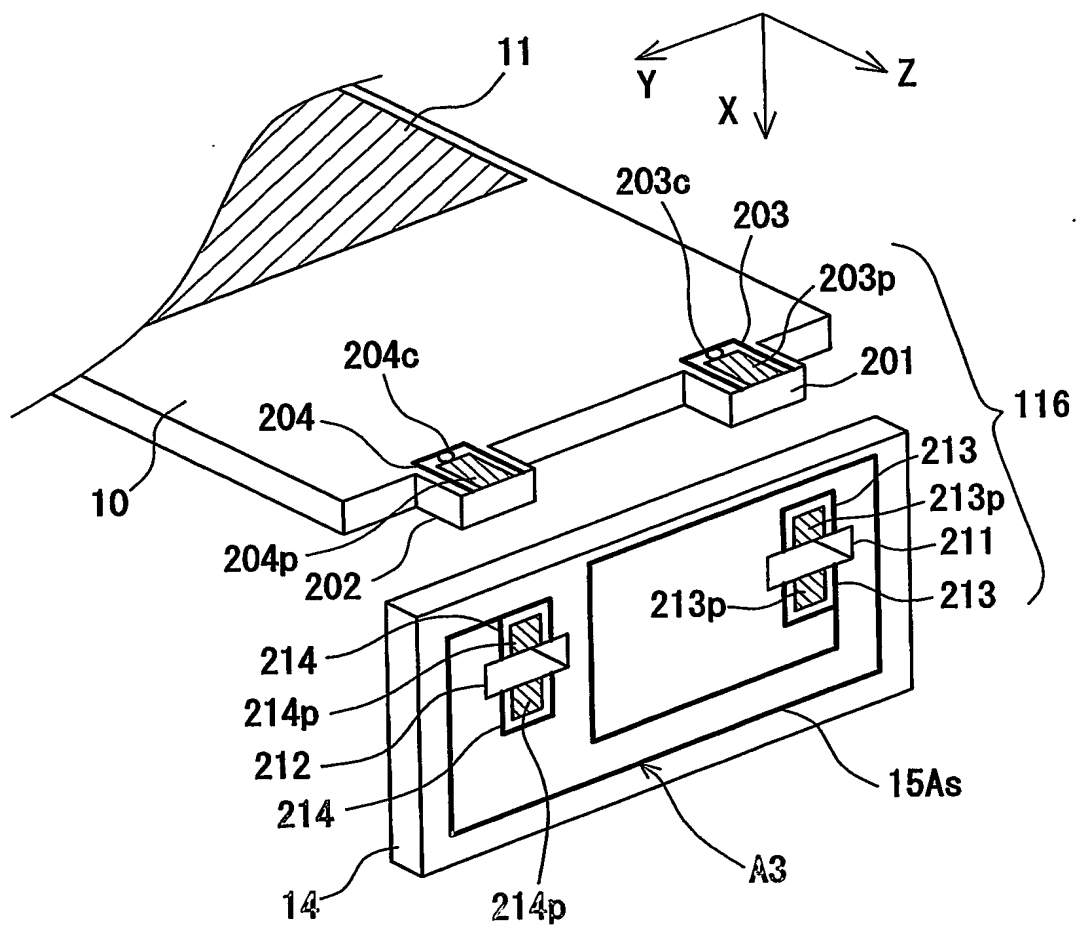


图 5 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/000890

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01Q21/24, 7/00, 1/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01Q1/00-1/52, 7/00, 21/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-326514 A (Sharp Corp.), 22 November, 2001 (22.11.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-30
A	JP 2002-204114 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 19 July, 2002 (19.07.02), Full text; all drawings & WO 2002/54533 A1 & US 2003/114118 A1	1-30
A	JP 10-126141 A (Mitsubishi Materials Corp.), 15 May, 1998 (15.05.98), Full text; all drawings & EP 829917 A1 & US 5945959 A1	1-30

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 April, 2004 (26.04.04)

Date of mailing of the international search report
18 May, 2004 (18.05.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/000890

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-44492 B2 (Matsushita Electric Works, Ltd.), 15 May, 1995 (15.05.95), Column 8, lines 7 to 9; Fig. 5 (Family: none)	1-30
A	JP 2001-127540 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 11 May, 2001 (11.05.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-30
A	JP 9-130132 A (Seiko Instruments R&D Center Inc.), 16 May, 1997 (16.05.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-30

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01Q21/24, 7/00, 1/24

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01Q1/00-1/52, 7/00, 21/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2001-326514 A (シャープ株式会社) 200 1. 11. 22, 全文, 全図, (ファミリーなし)	1-30
A	J P 2002-204114 A (松下電器産業株式会社) 20 02. 07. 19, 全文, 全図 & WO 2002/54533 A1 & US 2003/114118 A1	1-30
A	J P 10-126141 A (三菱マテリアル株式会社) 199 8. 05. 15, 全文, 全図 & EP 829917 A1 & US 5945959 A1	1-30

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 26. 04. 2004

国際調査報告の発送日 18. 5. 2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
吉村 伊佐雄

5 T 4 2 3 5

電話番号 03-3581-1101 内線 6819

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 7-44492 B2 (松下電工株式会社) 1995. 05. 15, 第8欄第7行-第9行, 第5図, (ファミリーなし)	1-30
A	J P 2001-127540 A (日本電信電話株式会社) 2001. 05. 11, 全文, 全図, (ファミリーなし)	1-30
A	J P 9-130132 A (株式会社エスアイアイ・アールディセンター) 1997. 05. 16, 全文, 全図, (ファミリーなし)	1-30